



Universidade Técnica de Lisboa
Faculdade de Motricidade Humana



Validação de Modelos de Acelerometria para Estimar a Quantidade de Atividade Física Habitual em Adultos

Dissertação elaborada com vista à obtenção do Grau de Mestre em Exercício e Saúde

Orientadora: Professora Doutora Analiza Mónica Lopes de Almeida Silva

Júri:

Presidente

Professora Doutora Maria de Fátima Marcelino Baptista

Vogais

Professora Doutora Analiza Mónica Lopes de Almeida Silva

Professora Doutora Maria Isabel Caldas Januário Fragoso

André Guilherme e Castro Duarte Paula

2012

Agradecimentos

Este espaço é reservado a todos aqueles que contribuíram, de algum modo, para a realização deste trabalho. De facto, sem a dedicação e disponibilidade demonstradas por esse conjunto de pessoas, a sua conclusão não seria possível. Deste modo, gostaria de lhes deixar um profundo e sincero agradecimento, nomeadamente:

À minha orientadora de dissertação, Professora Doutora Analiza Mónica Silva, pela sua disponibilidade regular e horas de paciência concedidas em diversas reuniões que serviram tanto para a transmissão de conhecimentos valiosos, como para esclarecimento de dúvidas que foram surgindo durante o processo de construção da tese.

À Diana Santos, pelo auxílio prestado nas tarefas de maior exigência, pelas diversas sugestões e colaboração fundamental na manipulação de alguns *softwares*.

Ao João Magalhães e Pedro Júdice, que se mostraram sempre prestáveis para ajudar nos períodos de maior dificuldade.

A todos os participantes do estudo, pelo esforço e empenho demonstrados ao longo do período de avaliação, de modo a contribuírem com sucesso nas tarefas pretendidas.

À minha família, especialmente aos meus pais, pelas condições que me proporcionaram para que pudesse concluir esta dissertação, bem como pelo incentivo que me deram ao longo de todo o meu percurso académico.

Para terminar, gostaria de destacar igualmente o apoio de todos os meus amigos, que mesmo pertencendo a outras áreas profissionais, se mostraram sempre interessados e disponíveis para algo que fosse necessário.

Índice

1. Introdução	7
1.1. Revisão Bibliográfica	9
1.1.1. Atividade Física e Saúde Pública	9
1.1.2. Quantificação da Atividade Física e Dispendio Energético	12
1.1.3. Métodos de avaliação da AF	13
1.1.3.1. Métodos de referência.....	14
1.1.3.2. Métodos subjetivos	16
1.1.3.3. Métodos objetivos	18
1.2. Pertinência do estudo.....	41
1.3. Objetivo do estudo	42
2. Metodologia	43
2.1. Amostra do estudo	43
2.2. Desenho experimental	43
2.2.1. <i>Actiheart</i>	44
2.2.2. Acelerómetro da <i>Actigraph</i>	45
2.2.3. Avaliação da Composição Corporal	47
2.3. Análise estatística	48
3. Resultados.....	49
4. Discussão	59
5. Conclusão.....	64
6. Referências	65

Índice de Tabelas

Tabela 1. Recomendações para a prática de AF em adultos aparentemente saudáveis..	11
Tabela 2. Descrição das equações de predição da <i>Actigraph</i> e valores de corte para as diferentes intensidades.....	29
Tabela 3. Valores de corte utilizados no presente estudo.	46
Tabela 4. Características descritivas da amostra e número de dias válidos do estudo.	49
Tabela 5. Valores médios do tempo despendido em intensidade moderada, vigorosa e moderada e vigorosa, medidos pelo método combinado e estimados através dos diferentes modelos de acelerometria.	51
Tabela 6. Desempenho dos diferentes modelos, a nível de grupo, para a categoria de intensidade moderada: Freedson, Yngve, Brage, Hendelman, Swartz, Leenders e Troiano; utilizando como referência o método combinado.	53
Tabela 7. Desempenho dos diferentes modelos, a nível de grupo, para a categoria de intensidade vigorosa: Freedson, Yngve, Brage, Hendelman, Swartz, Leenders e Troiano; utilizando como referência o método combinado.	54
Tabela 8. Desempenho dos diferentes modelos, a nível de grupo, para a categoria de intensidade moderada e vigorosa: Freedson, Yngve, Brage, Hendelman, Swartz, Leenders e Troiano; utilizando como referência o método combinado.....	55

Índice de Figuras

Figura 1. Análise Bland-Altman entre a diferença e a média do tempo despendido em atividade física de intensidade moderada e vigorosa obtido pelos modelos de acelerometria e método combinado.....	58
--	----

Abreviaturas

AF - Atividade Física

AFs - Atividades Físicas

AFIMV – Atividade Física de Intensidade Moderada e Vigorosa

IMC - Índice de Massa Corporal

CCC - Coeficiente de Correlação de Concordância

CV - Coeficiente de Variação

DE - Dispendio Energético

DEAF - Dispendio Energético em Atividade Física

DET - Dispendio Energético Total

DP - Desvio Padrão

DXA - Densitometria Radiológica de Dupla Energia

EPE - Erro Padrão de Estimação

FC - Frequência Cardíaca

MET - Equivalente Metabólico

MG - Massa Gorda

MIG - Massa Isenta de Gordura

min – Minuto

R - Coeficiente de Correlação de *Pearson*

R² - Coeficiente de Determinação

sem – semana

VO₂ – Consumo de oxigénio

Resumo

A acelerometria é um método objetivo que permite quantificar a atividade física (AF) habitual. Contudo, é importante determinar a validade dos diversos modelos e respetivos valores de corte na estimação da intensidade da AF no estilo de vida.

Objetivo: Validar o tempo despendido em AF de intensidade moderada e vigorosa (AFIMV), obtido através de diferentes valores de corte definidos com base na acelerometria, tendo como referência o método combinado de acelerometria com monitorização da frequência cardíaca.

Métodos: Foram avaliadas 21 pessoas do género masculino (25.4 ± 5.3 anos; IMC: $23.2 \pm 2.9 \text{ kg.m}^{-2}$). O tempo despendido em AFIMV foi determinado pelo método combinado e pelos modelos desenvolvidos com base na acelerometria (Freedson, Yngve, Brage, Hendelman, Swartz, Leenders e Troiano). Foi analisada a comparação de médias, regressão linear e a concordância entre os métodos.

Resultados: O tempo despendido em AFIMV foi subestimado pelos modelos de acelerometria relativamente ao método de referência ($p < 0.001$), à exceção do modelo de Swartz. Os modelos explicaram entre 48 e 63% da variabilidade dos valores observados pelo método de referência. Foram verificados elevados limites de concordância entre os modelos e o método combinado e uma associação negativa entre a diferença e a média dos métodos. O modelo de Swartz apresentou um coeficiente de correlação de concordância de 0.7, enquanto os restantes modelos apresentaram valores entre 0.1 e 0.4.

Conclusão: Todos os modelos de acelerometria subestimaram o tempo despendido em AFIMV, à exceção dos valores de corte propostos por Swartz. Adicionalmente, este modelo apresentou a melhor concordância com o método de referência. No entanto, a elevada variabilidade dos valores observados entre os modelos e o método combinado sugere que a validade individual dos valores de corte propostos para estimação do tempo despendido em AFIMV, é limitada.

Palavras-chave: acelerometria, frequência cardíaca, intensidade, validação, valores de corte

Abstract

Accelerometry is an objective method to assess physical activity (PA) in free-living conditions. However, it is important to determine the accuracy of several models that defined cut points for assessing PA intensity.

Objective: To validate time spent in moderate and vigorous PA intensity (MVPA) assessed from different cut points based on accelerometry, using the combined heart rate with motion sensor as the reference method.

Methods: Twenty-one healthy male participants were evaluated (25.4 ± 5.3 years; BMI: $23.2 \pm 2.8 \text{ kg.m}^{-2}$). Time spent in MVPA was measured by the combined method and using the corresponding models based on accelerometry (Freedson, Yngve, Brage, Hendelman, Swartz, Leenders e Troiano). Comparison of means, linear regression, and agreement between methods were performed.

Results: Time spent in MVPA was underestimated by all the accelerometry models compared to the reference method ($p < 0.001$), except for the Swartz model. The time spent in MVPA obtained by the models explained 48 to 63% of the variability observed by the combined method. Large limits of agreement between the models and the reference method were observed, and a negative association between the difference and the mean of the methods was found. The Swartz model showed a concordance correlation coefficient value of 0.7, while the values observed by the other models ranged from 0.1 to 0.4.

Conclusion: Overall the models underestimated the time spent in MVPA, except for the cut points proposed by Swartz. Additionally, the best agreement with the reference method was found using the Swartz model. However, the high variability of the values observed between the models and the reference method suggests that the individual validity of the cut points proposed to estimate time spent in MVPA intensity, is limited.

Key-words: acelerometry, heart rate monitoring, cut points, intensity, validation

1. Introdução

A quantificação da atividade física (AF) é um dos objetivos mais referenciados pelos investigadores para o estabelecimento de relações com variáveis de saúde. A análise das suas componentes, nomeadamente a frequência, duração e intensidade, são essenciais para a identificação do nível de AF da população (Butte *et al.*, 2012). O conhecimento da quantidade de AF habitual é fundamental na identificação das pessoas que cumprem as recomendações para a prática de AF, de benefícios associados a uma quantidade específica de AF e ainda da aderência dos participantes envolvidos em estudos com vista à modificação do estilo de vida (Byberg *et al.*, 2009; Lyden *et al.*, 2010).

Contudo, a avaliação da AF fora do contexto laboratorial é ainda considerada complexa. Até ao momento, não existe um método ideal de avaliação da AF, que permita calcular de forma satisfatória o dispêndio energético em AF (DEAF) e, simultaneamente, possa fornecer informações relativamente à natureza dessa atividade (Thompson, Batterham, Bock, Robson, & Stokes, 2006). Deste modo, compete ao investigador optar pelo método que considera mais adequado e que lhe permita obter uma melhor resposta de acordo com os seus objetivos (Thompson *et al.*, 2006).

A acelerometria é reconhecidamente uma das técnicas de medição objetiva da AF que mais se tem destacado na última década. Diversos estudos optam pela sua utilização na estimação do tempo despendido na prática de AF em diferentes intensidades. Porém, a grande quantidade de modelos desenvolvidos com base nos impulsos obtidos pelo acelerómetro, origina uma enorme variedade de valores de corte para as diferentes categorias de intensidade (Crouter, Kuffel, Haas, Frongillo, & Bassett, 2010). Esta diversidade pode apresentar diferentes repercussões na identificação do tempo despendido nas várias dimensões de AF, em função dos valores de corte estabelecidos (Trost, Loprinzi, Moore, & Pfeiffer, 2011).

Em virtude do exposto, é necessário proceder a uma validação da quantidade de AF habitual, estimada por diferentes modelos de acelerometria. Na presente dissertação, essa validação será efetuada utilizando como referência um método combinado de frequência cardíaca com sensor de movimento, em condições do estilo de vida.

A nossa expectativa com este trabalho é a de contribuir para um maior consenso na aplicação dos diferentes valores de corte publicados para a população adulta.

Esta dissertação encontra-se organizada da seguinte forma: **a)** *Introdução* – breve descrição do estudo; **b)** *Revisão Bibliográfica* – enquadramento do trabalho, realçando o papel da AF na saúde pública; apresentação das diferentes metodologias de avaliação da AF com particular enfoque na validade dos métodos utilizados na presente dissertação; **c)** *Metodologia* – nesta secção é descrita detalhadamente a amostra e desenho experimental, as metodologias de avaliação da AF e os métodos estatísticos aplicados; **d)** *Resultados* – os principais resultados são apresentados em tabelas e figura; **e)** *Discussão* – nesta secção os resultados obtidos são comparados e discutidos com a literatura. **f)** *Conclusão* – as principais conclusões são referidas neste capítulo; **f)** *Referências* – citadas ao longo da dissertação.

1.1. Revisão Bibliográfica

1.1.1. Atividade Física e Saúde Pública

Na literatura científica é possível encontrar um conjunto diversificado de definições da AF, sendo que a definição que parece reunir maior consenso é a apresentada por Caspersen, Powell, & Christenson (1985). Segundo estes autores, a AF é entendida como a realização de qualquer tipo de movimento corporal produzido pela musculatura esquelética, que resulte num DE superior aos valores de repouso. Neste conceito englobam-se todos os diferentes contextos que a AF pode assumir, entre eles a AF de lazer, exercício, desporto, meio de deslocação, trabalho ocupacional e tarefas diárias, como as domésticas, jardinagem e outras atividades (Caspersen *et al.*, 1985).

Encontra-se igualmente bem documentada a associação entre a AF e numerosos benefícios para a saúde, tanto a nível físico como mental. Segundo o relatório de AF publicado em 2008 pela *US Department of Health and Human Services (USDHHS)*, a mortalidade por todas as causas é atenuada pelo envolvimento regular em AFs. Este também é o caso quando um indivíduo incrementa os seus níveis de AF, substituindo o seu estilo de vida sedentário ou de prática insuficiente de AF por um estilo de vida em que são alcançados os níveis de AF recomendados (USDHHS, 2008). Fortes evidências indicam que a AF diminui o risco de desenvolvimento de doença das artérias coronárias, enfarte, hipertensão, diabetes tipo II, cancro da mama e do colón, ganho de peso excessivo, depressão, ansiedade e perda de funções cognitivas (USDHHS, 2008). Evidências moderadamente fortes são também observadas na manutenção da capacidade funcional dos idosos, manutenção do peso perdido, melhorias na qualidade do sono e redução do risco de fratura do colo do fémur e osteoporose (USDHHS, 2008). Um estilo de vida fisicamente ativo aumenta a sensação de energia (Puetz, 2006) e bem-estar (Bartholomew, Morrison, & Ciccolo, 2005) estando associado a uma melhoria da qualidade de vida dos indivíduos (Conn, Hafdahl, & Brown, 2009; Gillison, Skevington, Sato, Standage, & Evangelidou, 2009).

Desde a década de 70, altura em que surgiram as primeiras recomendações para a prática de AF por parte do *American College of Sports Medicine (ACSM, 1975)*, várias recomendações têm sido publicadas por parte de diversas organizações profissionais e agências governamentais. Esse número aumentou consideravelmente após as recomendações para a saúde do *Centers for Disease Control and Prevention*

(CDC)/ACSM (Pate *et al.*, 1995) e *U.S. Surgeon General* (USDHHS, 1996), reportando que todos os adultos deveriam acumular 30 minutos ou mais de AF de intensidade pelo menos moderada durante a maioria, ou preferencialmente, todos os dias da semana. Estas recomendações tiveram como objetivo consciencializar a população dos benefícios inerentes à prática regular de AF e clarificar a quantidade e intensidade necessárias para obter melhorias de saúde, redução da suscetibilidade à doença e decréscimo da mortalidade (Pate *et al.*, 1995).

Contudo, as recomendações aparentemente contraditórias observadas nos vários documentos publicados desde essa data, foram suscitando dúvidas aos profissionais de saúde, exercício e população em geral. Recomendações mais recentes da *American Heart Association* (AHA) e ACSM (Haskell *et al.*, 2007; Nelson *et al.*, 2007) e do USDHHS (USDHHS, 2008) ajudaram a clarificar as recomendações para a prática de AF, estando de momento incorporadas na edição atual da ACSM's *Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (ACSM, 2010). Convém salientar que o foco destas recomendações tem como base o exercício físico. Este consiste na prática de AF intencional, através da execução de movimentos planeados, estruturados e repetidos com o objetivo de melhorar ou manter uma ou mais componentes da aptidão física (Caspersen, Powell, & Christenson, 1985; Howley, 2001). A aptidão física, por sua vez, define-se como o conjunto de atributos que são adquiridos (genética) ou desenvolvidos (treino) e que estão relacionados com a capacidade de realizar AF (Haskell *et al.*, 2007; Vanhees *et al.*, 2005). Assim sendo, embora a AF, exercício físico e aptidão física estejam intimamente relacionados, estes apresentam significados distintos.

Na tabela 1 encontram-se as recomendações mais recentes da *World Health Organization* (WHO, 2010) sobre a quantidade de AF para adultos aparentemente saudáveis. Estas refletem as evidências científicas atuais relativas à prática de AF, sendo aplicáveis a todos os adultos, independentemente do seu género, etnia ou estatuto socioeconómico.

Tabela 1. Recomendações para a prática de AF em adultos aparentemente saudáveis (WHO, 2010).

População	Recomendações básicas
Adultos (18-64 anos)	<p>Devem realizar pelo menos 150 minutos de AF aeróbia de intensidade moderada ao longo da semana, <u>ou</u> pelo menos 75 minutos de AF aeróbia de intensidade vigorosa ao longo da semana, <u>ou</u> uma combinação equivalente de AF de intensidade moderada e vigorosa.</p> <p>Atividade aeróbia deve ser realizada em sessões com a duração de, pelo menos, 10 minutos.</p> <p>Para benefícios adicionais de saúde, deve ser aumentada a prática de AF aeróbia de intensidade moderada para 300 minutos por semana, <u>ou</u> realizar 150 minutos de AF aeróbia de intensidade vigorosa por semana, <u>ou</u> uma combinação equivalente de AF de intensidade moderada e vigorosa.</p> <p>Atividades de fortalecimento muscular envolvendo os grandes grupos musculares 2 ou mais dias por semana.</p>

Para além das recomendações para a prática de AF, é importante ter em consideração o comportamento sedentário e a relação que este estabelece com efeitos adversos para a saúde da população. Não é suficiente verificar se uma pessoa cumpre as quantidades adequadas de AF semanal, sendo também preciso determinar quanto tempo ela despende na execução de atividades sedentárias (Garber *et al.*, 2011). Particularmente, o tempo diário despendido pelas pessoas na posição sentada foi associado a um aumento do risco de mortalidade por todas as causas e doença cardiovascular, independentemente dos níveis de AF de lazer e valores de IMC dos participantes (Hu, Li, Colditz, Willett, & Manson, 2003).

Adicionalmente, independentemente dos níveis de AF, o comportamento sedentário (principalmente ver televisão), foi associado a um aumento significativo do risco de desenvolvimento da diabetes tipo II e obesidade, enquanto a AF de intensidade leve a moderada foi associada a um menor risco (Katzmarzky, Church, Cora, Craig, & Bouchard, 2008).

1.1.2. Quantificação da Atividade Física e Dispendio Energético

A AF é entendida como um comportamento, onde se incluem variáveis como (Warren *et al.*, 2010):

- **Contexto**, que pode ser de lazer, ocupacional, doméstico, entre outros;
- **Duração**, que consiste no período (normalmente em minutos) que uma atividade é prolongada no tempo;
- **Intensidade**, que pode ser medida em termos absolutos e/ou relativos.

A intensidade absoluta refere-se à taxa de DE necessária para desempenhar uma atividade, não considerando a capacidade fisiológica da pessoa. Pode ser medida em equivalentes metabólicos (METs), quilocalorias, joules, mililitros de oxigénio consumido, ou em algumas atividades, através da velocidade. Em termos práticos, é usual classificar a intensidade absoluta em quatro categorias: sedentária ≤ 1.5 METs, leve 1.6 – 2.9 METs, moderada 3.0 – 5.9 METs e vigorosa ≥ 6.0 METs (Pate, O'Neill, & Lobelo, 2008). Entenda-se por MET o valor referente à energia metabólica despendida pela pessoa no estado de repouso, correspondendo para a maioria da população, a um consumo de O_2 de aproximadamente 3.5 ml/kg/min (Freedson, Melanson, & Sirard, 1998). Esse valor representa uma referência para a classificação da intensidade das atividades, sendo os valores de DE expressos em múltiplos de METs (Ainsworth *et al.*, 2000).

Por sua vez, a intensidade relativa refere-se à facilidade, ou dificuldade, com que uma atividade é executada, sendo proporcional à capacidade máxima da pessoa. Esta intensidade pode ser descrita através da percentagem de capacidade aeróbia, percentagem da FC máxima, ou outras medidas similares. Pode ser igualmente descrita através da percepção que a pessoa tem relativamente à dificuldade da atividade: muito fácil, fácil, moderada, difícil, muito difícil e máxima (Butte *et al.*, 2012).

A frequência, duração e intensidade podem ser combinadas para providenciar informações acerca da quantidade de energia despendida na AF. Contudo, importa referir que apesar do DEAF ser uma consequência da prática desta atividade, quando nos referimos ao dispendio energético total (DET), estão também incluídas outras componentes (Leenders, Sherman, Nagaraja, & Kien, 2001) :

- A **taxa metabólica basal** (TMB), que reflete a energia necessária para manter as atividades metabólicas das células e tecidos, a circulação sanguínea, respiração, função renal e gastrointestinal. A sua contribuição equivale a 60-65% do DET.
- O **efeito térmico dos alimentos** (ETA), associado a mecanismos como a absorção, digestão, transporte e armazenamento, sendo principalmente

determinada pela quantidade e composição dos alimentos ingeridos. Para uma alimentação equilibrada o seu contributo é de, aproximadamente, 10% do DET.

- O **dispêndio energético em atividade física** (DEAF), que está associado ao movimento realizado pela pessoa durante o dia. Esta componente encontra-se dependente do nível de AF, sendo que para uma pessoa tipicamente sedentária, o seu DEAF corresponde a cerca de 20-30% do DET.

As duas primeiras componentes apresentam variabilidades intra e inter-individual reduzidas. A maior fonte de variação é, sem dúvida, a que advém da enorme variabilidade dos valores da AF. Sendo o DEAF a componente que mais se encontra associada aos benefícios para a saúde dos indivíduos, é importante que a sua avaliação seja realizada com a maior validade possível (Leenders *et al.*, 2001).

1.1.3. Métodos de avaliação da AF

A avaliação da AF pode ser utilizada com diversos objetivos (Ainslie, Reilly, & Westerterp, 2003):

- descrição dos hábitos de AF de uma população;
- análise da associação/efeitos entre a inatividade física e a saúde;
- quantificação da dose resposta das associações/efeitos;
- monitorização das alterações no DE entre populações ao longo do tempo;
- avaliação de intervenções direcionadas ao aumento da prática de AF;
- estratificação do risco de eventos cardiovasculares durante o esforço físico;
- monitorização do custo energético de qualquer atividade humana.

Idealmente, essa avaliação da AF deve ser realizada em condições do estilo de vida, durante períodos suficientemente longos para serem representativos do nível de atividade habitual e que apresentem o mínimo desconforto para os participantes (Bonomi, Goris, Yin, & Westerterp, 2009).

Contudo, parece não existir até ao momento nenhum método que determine com precisão e validade o DE, e que simultaneamente forneça informações sobre a natureza dessa atividade (Thompson *et al.*, 2006).

Na literatura é possível encontrar uma grande diversidade de métodos de avaliação da AF, podendo ser justificada pelo amplo conjunto de dimensões que esta apresenta, bem como pela complexidade das relações que cada uma delas estabelece

com os diferentes aspetos da saúde (Montoye *et al.*, 1996). Porém, cada um desses métodos permite avaliar apenas uma parte do “todo” correspondente à AF. Por exemplo, enquanto uns instrumentos medem o DE, outros medem a frequência, duração, intensidade e/ou o tipo de atividade (Ridgers, & Fairclough, 2011).

A escolha do método mais adequado para a avaliação da AF depende de vários fatores, tais como os objetivos do estudo, componentes de interesse, características da população alvo, período de tempo necessário para recolha e tratamento dos dados, grau de invasão e recursos materiais e financeiros disponíveis (Butte *et al.*, 2012).

De modo a facilitar a sua distinção, podemos dividir os métodos de avaliação da AF em métodos de referência, métodos subjetivos e métodos objetivos.

1.1.3.1. Métodos de referência

Os métodos de referência apresentam como principal função a validação de outros métodos. Nesta categoria incluem-se a calorimetria direta, calorimetria indireta e água duplamente marcada. A utilização de cada método depende do que se pretenda avaliar. Por exemplo, se a variável de interesse for a média do DET durante vários dias, o método de referência deverá corresponder à água duplamente marcada (Ainslie *et al.*, 2003). Por outro lado, se for necessário analisar o tempo despendido em diferentes intensidades, então a calorimetria será o método de referência mais indicado (Ainslie *et al.*, 2003).

Calorimetria direta

A calorimetria direta é um método que permite a determinação direta e precisa do DE a partir da medição das trocas de calor ocorridas entre o corpo da pessoa e o meio ambiente (Jequier, 1985). Este método mede o calor libertado pelo organismo, bem como o vapor de água que é libertado através da respiração e da pele. Estas medições são realizadas dentro de uma câmara isolada, hermeticamente fechada, e suficientemente grande para permitir um certo grau de atividade. Essa câmara é revestida por tubos onde circula um fluxo de água conhecido a uma temperatura específica. Assim, avaliando a temperatura de entrada e de saída da água que passa pelos tubos, é possível quantificar o calor produzido. É através desta variação de

temperatura que é estabelecida uma correlação direta com o metabolismo energético da pessoa (Jequier, 1985). Contudo, embora seja considerado um dos métodos com maior validade na avaliação do DE, não é muito utilizado devido à sua alta complexidade e custo do equipamento. Além disso, requer o confinamento do participante durante 24 horas ou mais, num ambiente artificial que limita a representação das atividades realizadas na vida diária (Sun, Reed, & Hill, 1994).

Calorimetria indireta

Este método foi desenvolvido como alternativa ao método da calorimetria direta (Sun, *et al.*, 1994). A calorimetria indireta parte do pressuposto de que todo o oxigénio (O_2) consumido é utilizado para oxidação dos substratos energéticos e que o dióxido de carbono (CO_2) produzido é recuperado, sendo desta forma possível calcular a quantidade total de energia produzida (Jequier, 1985). Assim, a determinação do consumo de O_2 e CO_2 produzido em diferentes AFs, permite obter uma estimativa indireta do DEAF (Jequier, 1985). As informações associadas ao DE por meio deste método podem ser obtidas em laboratório a partir da utilização de analisadores de gases fixos ou em situações típicas do estilo de vida por intermédio de unidades portáteis de calorímetros que a pessoa utiliza durante a realização das atividades (McNeill, Cox, & Rivers, 1987). Em ambas as opções, o método requer que o avaliado respire por uma máscara conectada ao aparelho, onde os gases inspirados e expirados são analisados com intuito de estabelecer as quantidades de O_2 e CO_2 solicitadas para atender às necessidades do trabalho metabólico (McNeill *et al.*, 1987).

Este método apresenta como vantagens uma medição válida do avaliado na realização de várias atividades, para além de fornecer informação sobre o DE a curto-prazo. A mobilidade do equipamento permite igualmente que o participante possa ser avaliado fora do contexto laboratorial, em condições mais próximas do estilo de vida (Macfarlane, 2001).

Em contrapartida, apresenta como desvantagens uma recolha limitada no tempo (apenas algumas horas) e o custo elevado dos equipamentos, daí serem geralmente utilizados somente em amostras reduzidas ou numa base individual. É também um método invasivo, podendo interferir com a AF (Macfarlane, 2001).

Água duplamente marcada

Este é considerado o método mais válido na avaliação do DET em condições do estilo de vida, durante um período de dias ou semanas (4 a 20 dias) (Schoeller & Hnilicka, 1996). Inicialmente, é administrada ao participante uma determinada quantidade de água (H_2O) contendo uma dose conhecida de isótopos estáveis (não radioativos): Oxigénio-18 e Deutério, que serão posteriormente excretados. O isótopo do oxigénio será eliminado do organismo por duas vias: através da urina (sob a forma de H_2O) e através da expiração (associado ao CO_2^{18}). Por outro lado o Deutério será eliminado apenas pela urina, sobre a forma de H_2O . É a partir da diferença observada na taxa de eliminação destes dois isótopos que será permitido estimar o DE (Speakman, 1998). Portanto, espera-se que pessoas mais fisicamente ativas apresentem uma taxa de eliminação do Oxigénio-18 significativamente superior à do Deutério, quando comparadas com pessoas sedentárias (Speakman, 1998).

Contudo, este método apresenta alguns inconvenientes. O elevado custo dos isótopos e a necessidade de recursos humanos e materiais especializados limita a sua aplicabilidade em estudos com amostras consideráveis (Schoeller & Hnilicka, 1996). Para além disso, não fornece informações sobre as variadas componentes do DET, mais concretamente sobre o DEAF, devendo para o efeito ser complementada com a determinação do DE em repouso por calorimetria indireta. A juntar a esse facto, também não permite obter informações relativamente aos padrões e à natureza das atividades. Assim, a partir da aplicação deste método, não é possível determinar se uma pessoa ou uma população estão, durante o período de avaliação, a cumprir as recomendações para a prática da AF (Schoeller & Hnilicka, 1996).

No entanto, a água duplamente marcada apresenta-se como um método não invasivo e muito valioso para estudos de dimensões reduzidas, servindo como referência para a validação de outros procedimentos de avaliação do DET (Speakman, 1998).

1.1.3.2. Métodos subjetivos

Os métodos subjetivos são métodos práticos, económicos e fáceis de estimar a AF, sendo por isso frequentemente utilizados em estudos de carácter epidemiológico, onde as amostras apresentam grandes dimensões (Sallis & Saelens, 2000). Contudo, a fiabilidade e validade destes instrumentos dependem de um conjunto de fatores, como o compromisso dos participantes, diferenças na composição corporal dos

sujeitos, viés de memória, dificuldade de interpretação dos diferentes tipos e intensidades de AF e o próprio envolvimento (Sallis & Saelens, 2000). Como exemplo de métodos subjetivos temos os diários de atividade, questionários e entrevistas.

Diários de atividade

A avaliação da AF através do registo diário requer da parte da pessoa uma grande cooperação e julgamento adequados acerca do tipo, frequência, intensidade e duração das suas atividades. A recolha e o registo de informação não exigem a presença de um observador, sendo realizados pelo próprio sujeito (Bratteby, Sandhagen, Fan, & Samuelson, 1997). Este método consiste em registar todas as atividades executadas em formulários próprios, durante intervalos de tempo pré-determinados (Bratteby *et al.*, 1997). Mesmo sendo um instrumento que apresenta alguma validade, é necessário ter em conta uma possível relutância dos participantes em registar todas as atividades, ou até mesmo a simplificação do seu padrão habitual de modo a facilitar o registo (Ekelund, Yngve, & Sjostrom, 1999). No entanto, a utilização deste método em simultâneo com outro mais objetivo pode ajudar a fornecer dados mais completos e pormenorizados acerca das tarefas motoras habituais do participante (Ekelund *et al.*, 1999).

Questionários e entrevistas

Estes podem ser autoadministrados ou realizados por meio de entrevista pessoal ou telefónica. Na literatura é possível encontrar um grande conjunto de questionários, que diferem de acordo com o seu objetivo, contexto, grupo alvo, período de referência, interpretação, formato e facilidade de utilização (Shephard, 2003). Até ao momento, não existe um questionário desejável para todos os propósitos de avaliação, pelo que cabe ao avaliador analisar todos os atributos e optar pelo método que melhor se enquadre no objetivo do seu estudo, tendo igualmente em consideração a fiabilidade e validade do instrumento (Shephard, 2003).

Um dos questionários mais frequentemente validado e aplicado em estudos recentes é o *Internacional Physical Activity Questionnaire (IPAQ)* (Craig *et al.*, 2003). Este foi desenvolvido com a finalidade de estimar o nível de prática habitual de AF de populações de diferentes países e contextos socioculturais. A partir deste instrumento são obtidas informações acerca da frequência, duração e intensidade da AF habitual

realizada num período de 7 dias. São disponibilizadas duas versões do IPAQ, uma no formato longo e outra no formato curto, podendo ser autoadministradas ou efetuadas por meio de entrevista (Craig *et al.*, 2003). Ambos os formatos encontram-se disponíveis em várias línguas, entre as quais a língua portuguesa, o que dispensou a necessidade da sua tradução. Para efeitos de avaliação a versão curta é considerada a mais apropriada, visto que a versão longa, embora mais detalhada, é geralmente referida como aborrecida e repetitiva pelos participantes (Wendel-Vos, Schuit, Saris, & Kromhout, 2003).

1.1.3.3. Métodos objetivos

Estes métodos foram desenvolvidos com o intuito de solucionar e ultrapassar as limitações associadas aos métodos subjetivos (Prince *et al.*, 2008). Os métodos objetivos permitem a obtenção de medidas mais válidas da AF realizada, especialmente das atividades mais difíceis de avaliar por parte dos métodos anteriores (Prince *et al.*, 2008). Dentro deste grupo incluem-se instrumentos como o pedómetro, cardiofrequencímetro, acelerómetro e um monitor que combina o método de acelerometria com a monitorização da FC.

Pedómetro

O pedómetro é um monitor eletrónico portátil relativamente simples, prático e pouco dispendioso que contabiliza o número de passos dados pela pessoa. Permite também estimar a distância percorrida e o DE, desde que os valores relativos ao comprimento médio da passada e o peso corporal da pessoa possam ser inseridos no aparelho (Bassett, Mahar, Rowe, & Morrow, 2008).

As primeiras versões dos pedómetros utilizavam uma engrenagem mecânica, enquanto as mais recentes são eletrónicas (Melanson *et al.*, 2004). Os mais antigos apresentavam carências em termos de validade e fiabilidade (Melanson *et al.*, 2004). No entanto, graças aos avanços tecnológicos, foi possível obter um aperfeiçoamento da qualidade dos dispositivos e das informações que providenciam. Existem diversos modelos de pedómetros disponíveis, apresentando variabilidade em termos de custo, capacidade de armazenamento, mecanismo e sensibilidade (Bassett *et al.*, 2008). Dentro dos vários modelos, o *Yamax* é o que tem sido mais utilizado por parte dos

investigadores, devido aos seus elevados níveis de validade e fiabilidade, sendo considerado um pedómetro de referência para a avaliação da AF (Bassett *et al.*, 1996).

Os pedómetros são regularmente utilizados em programas de promoção da AF com vista ao cumprimento da dose diária recomendada para que se possam obter benefícios relacionados com a saúde (Tudor-Locke, & Bassett, 2004). Dez mil passos diários parecem ser os necessários para que uma pessoa seja considerada fisicamente ativa (Tudor-Locke, & Bassett, 2004). Estes instrumentos, para além de permitirem fazer um seguimento da atividade diária relacionada com a marcha, são consideradas ferramentas bastante valiosas do ponto de vista motivacional para o aumento dessa mesma atividade. Isto deve-se ao facto do aparelho proporcionar "*feedback*" acerca do comportamento da pessoa e permitir que sejam estabelecidas metas ou objetivos facilmente alcançáveis pelo mesmo (Bassett *et al.*, 2008).

No entanto, estes instrumentos apresentam algumas limitações. São aparelhos que não fornecem informações relativamente à frequência, duração e intensidade das AF realizadas. Não permitem a avaliação de atividades que utilizem maioritariamente os membros superiores. Adicionalmente, apresentam geralmente uma fraca validade na avaliação de variáveis como a distância percorrida, e especialmente o DE (Schneider, Crouter, Lukajic, & Bassett, 2003). Por fim, o facto de existirem vários modelos de pedómetros com características específicas, variando na forma como os passos são contabilizados, faz com que a comparação entre estudos que utilizem modelos diferentes se torne de difícil execução (Tudor-Locke *et al.*, 2006).

Cardiofrequencímetro

O cardiofrequencímetro é um sensor fisiológico que tem como objetivo a monitorização da frequência cardíaca (FC). É um instrumento de fácil aplicação e de relativo baixo custo, a partir do qual se podem obter informações relativas ao DEAF e aos padrões de AF (Ceesay, Prentice, & Day, 1989; Li *et al.*, 1993; Strath *et al.*, 2000). Atualmente, fruto do avanço tecnológico, é possível o armazenamento de dados relacionados com a FC durante um período de dias ou semanas. Essa estimativa do DEAF é alcançada tendo em conta a existência de uma relação linear e proporcional estabelecida entre a FC e o volume de O₂ consumido durante a realização de contrações musculares dinâmicas (Li, Deurenberg, & Hautvast, 1993). No entanto, existem fatores que podem influenciar essa relação, entre os quais a idade, género, peso, aptidão física, tipo de músculo envolvido na atividade, volume sistólico, concentração de hemoglobina no sangue, temperatura ambiente, estado de

hidratação, postura corporal e estados emocionais como a ansiedade ou o stress (Ceesay *et al.*, 1989; Li *et al.*, 1993; Strath *et al.*, 2000). Esses fatores afetam de forma mais significativa a FC quando esta se encontra em níveis próximos do repouso. Deste modo, é recomendada a monitorização da FC preferencialmente em atividades de intensidade moderada e vigorosa, em detrimento das atividades de baixa intensidade (Keytel *et al.*, 2005).

Contudo, as variabilidades intra e inter-individual conseguem ser atenuadas através da realização de uma calibração individual. Esta é executada com o intuito de tentar controlar parte dos fatores mencionados acima, possibilitando a obtenção de resultados mais precisos, tendo em consideração as características de cada pessoa (Li *et al.*, 1993; Strath *et al.*, 2000). Porém, a sua aplicação faz com que este método se torne pouco viável quando aplicado em estudos de larga escala, devido a restrições relacionadas com o tempo, configuração e recursos disponíveis. É ainda importante referir que uma grande quantidade da população está sobre o efeito de medicação que afeta os valores de FC, como por exemplo os beta-bloqueantes. Nestas situações, é fundamental que a calibração seja realizada sob influência da medicação habitual (Butte *et al.*, 2012).

Para além das limitações já referidas, existem também outros inconvenientes associados a este instrumento, nomeadamente uma possível sensação de desconforto causada pelo monitor quando utilizado por longos períodos, o desfaseamento existente entre a FC e o início ou finalização da AF (2-3 min) e a suscetibilidade a interferências por parte de aparelhos elétricos ou outras fontes de corrente estática (Butte *et al.*, 2012).

Acelerómetro

O acelerómetro é um aparelho portátil de pequenas dimensões, leve e não invasivo, capaz de detetar as acelerações produzidas pelo corpo humano (Chen & Bassett, 2005; Kavanagh & Menz, 2008; Trost, Mclver, & Pate, 2005; Warren, *et al.*, 2010). Este instrumento proporciona uma medição objetiva da frequência, duração e intensidade dos movimentos correspondentes à AF praticada. Permite ainda estimar o DE resultante dessa atividade, tendo como base a premissa de que os movimentos corporais resultam de acelerações provocadas pela força muscular realizada, refletindo desta forma os custos de energia que lhe estão associados (Warren *et al.*, 2010).

Graças à evolução da tecnologia, foi possível obter uma melhoria progressiva da qualidade destes aparelhos ao longo do tempo, sendo que os mais atuais são capazes de registar a AF das pessoas durante extensos períodos.

Dependendo do modelo do instrumento, a aceleração pode ser medida em um (uniaxial), dois (biaxial), ou três (triaxial) planos do movimento (Chen & Bassett, 2005; Rowlands, 2007). Os acelerómetros utilizados com maior regularidade são os uniaxiais, seguidos dos triaxiais. Os uniaxiais medem a aceleração corporal apenas no eixo vertical, enquanto os triaxiais detetam a aceleração no eixo vertical, médio-lateral e antero-posterior. Estes últimos permitem obter informação relativa a cada um dos planos, bem como uma medida combinada dos três planos em conjunto (Chen & Bassett, 2005; Rowlands, 2007). Tendo em conta que a movimentação do corpo é pluridirecional, alguns autores propõem a medição nos três eixos como método mais apropriado para a avaliação da AF e do DE, referindo que os acelerómetros triaxiais apresentam uma maior validade na estimação destas variáveis, comparativamente com os acelerómetros uniaxiais (Chen & Bassett, 2005; Hendelman, Miller, Baggett, Debold, & Freedson, 2000).

Dentro dos vários acelerómetros comercialmente disponíveis, destaque para os acelerómetros da *Actigraph* que têm sido amplamente utilizados na avaliação da AF (Ridgers, & Fairclough, 2011).

De uma forma geral, as acelerações captadas pelo acelerómetro são convertidas em impulsos que aumentam linearmente com a frequência das acelerações (Welk, 2005). Esses impulsos são recolhidos em períodos de tempo específicos (*epochs*), previamente definidos pelo avaliador. Os impulsos registados em cada *epoch* representam a atividade desenvolvida durante esse período de tempo. No final de cada *epoch*, os impulsos somados são armazenados na memória do dispositivo e este retorna automaticamente a zero, pronto para iniciar uma nova contagem no *epoch* seguinte (Welk, 2005). Estes dados serão posteriormente tratados e interpretados como indicadores do volume e intensidade da atividade realizada (McClain, Sisson, & Tudor-Locke, 2007).

Contudo, os acelerómetros também apresentam algumas desvantagens, nomeadamente o facto de não serem capazes de medir todas as atividades de igual modo (Matthew, 2005). Estes aparelhos apresentam grande dificuldade, ou até mesmo incapacidade na medição de algumas atividades como o ciclismo ou patinagem. Também não são sensíveis a mudanças de inclinação no plano de deslocamento ou a atividades que envolvam cargas adicionais, subestimando o seu custo energético (Matthew, 2005). Adicionalmente, a maioria destes instrumentos não são à prova de água, impossibilitando a medição de atividades decorrentes no meio aquático (Warren

et al., 2010). Encontram-se igualmente limitados pela sua zona de colocação (ao nível das cristas ilíacas), tornando-os incapazes de registar movimentos executados na parte superior do tronco, particularmente nos membros superiores (Matthew, 2005). Para terminar, o facto dos diferentes modelos de acelerómetros apresentarem os seus algoritmos específicos, leva a que o processo de conversão das acelerações em impulsos não seja executado da mesma forma. Assim, torna-se complicado proceder a uma comparação direta dos resultados obtidos por parte dos diferentes modelos. De modo a ultrapassar esta limitação, uma das recomendações passa por transformar os impulsos em unidades de aceleração (m/s^2), permitindo desta forma a comparação entre os modelos (Matthew, 2005; Welk, McClain, & Ainsworth, 2012).

Posicionamento do acelerómetro

A posição do acelerómetro no corpo da pessoa é uma questão importante a ser considerada pelo avaliador. Idealmente, este monitor deve ser colocado o mais próximo possível do centro de massa do participante (Trost *et al.*, 2005). A maioria dos estudos opta pela sua utilização na zona da anca, assumindo que esta posição fornece uma indicação sobre a totalidade de movimentos efetuados pelo corpo (Trost *et al.*, 2005). Não é muito relevante se o monitor é colocado no lado direito ou esquerdo do avaliado, mas a necessidade de estabelecer um protocolo estandardizado sugere que apenas um dos lados seja consistentemente utilizado. O lado direito parece ser mais conveniente devido à maioria das pessoas serem destrás (Ward *et al.*, 2005). Para além da anca, estes aparelhos também podem ser colocados na zona lombar, pulso e tornozelo (Trost *et al.*, 2005).

Pequenas diferenças foram verificadas na avaliação das quantidades de AF de intensidade moderada e vigorosa, a partir de acelerómetros posicionados na anca e na zona lombar (Nilsson *et al.*, 2002). Os monitores colocados ao nível da anca registaram uma maior quantidade de AF de intensidade moderada, comparativamente com o seu posicionamento na zona lombar, embora essa diferença só tenha sido significativa quando medida em *epochs* de curta duração (5 segundos) (Nilsson *et al.*, 2002). Relativamente ao tempo despendido em atividades de intensidade vigorosa, não foram verificadas diferenças significativas entre os monitores.

Outro estudo realizado por Yngve e col. (2003), contou com a participação de 34 indivíduos, avaliados durante 7 dias consecutivos em condições do estilo de vida. Os autores observaram que o posicionamento do instrumento, tanto ao nível da anca

como da região lombar, não apresentou qualquer influência na estimativa do tempo despendido pelos participantes em atividades de intensidade moderada e vigorosa.

Quanto ao posicionamento do acelerómetro no pulso ou no tornozelo, esta deve ser preferencialmente evitada (Trost *et al.*, 2005). Embora os acelerómetros adicionalmente colocados nestes locais proporcionem uma melhor estimativa do DE do que monitores apenas posicionados na coxa ou na zona lombar (Freedson *et al.*, 1998), esse aumento não compensa a sobrecarga imposta aos participantes como consequência da utilização de múltiplos monitores, pelo que um único monitor posicionado perto do centro de massa do avaliado parece atuar de forma satisfatória para um conjunto diverso de propósitos de investigação (Trost *et al.*, 2005).

Duração dos *epochs*

Tendo em conta a variável de interesse, a duração dos *epochs* pode assumir maior ou menor importância num determinado estudo. Por exemplo, se o volume de atividade (impulsos num período de tempo específico) constituir a variável de interesse, a duração dos *epochs* não representa um problema (Trost *et al.*, 2005). Contudo, se se tratar de um estudo que solicite a utilização de valores de corte com o intuito de calcular o tempo despendido em diferentes categorias de intensidade, então a sua duração pode afetar diretamente os resultados, pelo que deverá ser cuidadosamente analisado antes de se iniciar o processo de recolha de dados (Trost *et al.*, 2005).

Nos primeiros acelerómetros, por limitações de memória, os *epochs* encontravam-se condicionados a períodos de 1 minuto. Nos monitores atuais esse problema foi solucionado através dos incrementos de memória. Apesar disso, possivelmente devido à maior facilidade na conversão dos impulsos em minutos de atividade, estudos mais recentes que utilizam acelerómetros para estimar a intensidade da AF ou o DE também optaram pela aplicação de valores de corte baseados em *epochs* com a mesma duração (Trost *et al.*, 2005). Embora essa decisão tenha um impacto mais reduzido na avaliação da AF em adultos, alguns autores verificaram que esta duração pode ser problemática em crianças, não detetando alguns períodos curtos de intensidade moderada e vigorosa tipicamente exibidos por esta população (Trost, 2001; Welk, Corbin, & Dale, 2000). Mais precisamente, se uma criança alternar entre a prática de AF de intensidade vigorosa e o repouso dentro do mesmo minuto de registo, a acumulação dos impulsos para esse minuto somente refletirá o nível médio de atividade durante esse intervalo de tempo, não sendo

possível detetar o período curto de atividade vigorosa realizado pela criança (Trost, 2001; Welk, *et al.*, 2000). Deste modo, é sugerida a utilização de *epochs* de menor duração, possibilitando a obtenção de informações mais pormenorizadas sobre a intensidade e duração da AF realizada pelas crianças em condições do estilo de vida (Nilsson *et al.*, 2002; Trost *et al.*, 2005). Sempre que possível, esses *epochs* devem ser igualmente aplicados em estudos que envolvam outras populações, proporcionando um maior detalhe da AF praticada pelos participantes (Trost *et al.*, 2005).

Duração do período de recolha de dados

O período de utilização dos acelerómetros deve ter a duração considerada suficiente para que os dados recolhidos possam ser representativos do nível de AF habitual (Ridgers, & Fairclough, 2011). Esse período de monitorização encontra-se dependente de vários fatores como o tipo de população em estudo, os recursos financeiros disponíveis e a aderência dos participantes (Ward *et al.*, 2005). Devido às diferenças habitualmente verificadas em termos de quantidade e tempo despendido na prática de AF por parte dos adultos e crianças, é comum observar-se na literatura uma abordagem distinta para cada uma destas populações (Trost *et al.*, 2005).

Para os adultos, a monitorização da atividade por um período entre 3 a 5 dias, entre os quais um de fim-de-semana, parece ser o necessário para que se possa obter uma estimativa válida da AF habitual dos participantes (Trost *et al.*, 2005). No caso das crianças e adolescentes, os estudos mostram que o número de dias de avaliação varia entre os 4 e os 9, dificultando a publicação de recomendações definitivas para esta população (Trost *et al.*, 2005).

Diferenças regularmente observadas entre a atividade de semana e fim-de-semana em crianças e adultos sugerem que, para a maioria das idades, a aplicação de um protocolo estandardizado com a duração de 7 dias de avaliação parece ser uma escolha adequada (Trost *et al.*, 2005). Para além disso, este período parece apresentar um bom equilíbrio entre questões relativas à viabilidade, fiabilidade e carga imposta aos participantes (Trost *et al.*, 2005).

Processamento dos dados

Um dos aspetos desafiantes da utilização de acelerómetros na avaliação do comportamento da AF consiste na gestão e compreensão da grande quantidade de dados recolhidos. Com recomendações que envolvem vários dias de monitorização e a possibilidade de serem definidos *epochs* de curta duração, o volume de dados obtido poderá tornar-se bastante extenso. Deste modo, existe a necessidade de tomar decisões relativamente à forma como os dados serão captados e analisados, mesmo antes de se proceder à sua recolha. Essas regras de decisão deverão ser claramente expostas nos artigos, de modo a facilitar o seu processo de análise e permitir uma comparação mais rigorosa entre os estudos (Masse *et al.*, 2005).

Até ao momento, não existe um critério definido para o período de tempo que uma pessoa necessite de utilizar o acelerómetro durante um dia para que este seja considerado válido (se deve corresponder ao período em que a pessoa se encontra acordada, ou se devem ser definidas horas específicas de registo como 10, 12, 18 ou 24h) (Corder, Brage, & Ekelund, 2007). Para além disso, o período de utilização do instrumento também apresenta variações devido a fatores como o esquecimento do participante ou a circunstâncias que impeçam o seu uso (atividades como natação ou desportos competitivos por questões regulamentares) (Catellier *et al.*, 2005).

Geralmente, 10 horas (600 min) de utilização tem sido o período estabelecido por diversos autores para que um dia seja considerado válido (Andersen *et al.*, 2006; Masse *et al.*, 2005; Troiano *et al.*, 2008) embora outros tenham optado por durações inferiores, como 8h/dia (Cleland *et al.*, 2008), ou inclusive períodos diferentes caso a avaliação seja efetuada em dias de semana ou fim-de-semana (Rowlands, 2007).

O tempo final diário de registo é influenciado pela avaliação dos períodos de interrupção de utilização do instrumento, ou seja, períodos em que o monitor é removido durante o dia, seja por um motivo específico ou não específico (Catellier *et al.*, 2005). A avaliação desses períodos é definida previamente à observação dos dados recolhidos num programa de *software*, de modo a que as decisões tomadas relativamente a esses períodos possam ser efetuadas numa altura em que seja possível a inclusão ou exclusão de determinados dados para análise. Essa interrupção do tempo de utilização do instrumento tem sido definida como um período sustentado de zero impulsos, atendendo que seria expectável os indivíduos gerarem pelo menos um número reduzido de impulsos durante períodos de inatividade (como ver televisão) (Catellier *et al.*, 2005). 10, 15, 20, 30 e 60 minutos de zeros consecutivos têm sido considerados para identificação dos períodos em que o acelerómetro não é utilizado (Andersen *et al.*, 2006; Catellier *et al.*, 2005; Masse *et al.*, 2005). Contudo, verdadeira

inatividade pode não ser contabilizada a partir da aplicação de períodos de curta duração, sugerindo erradamente que o monitor tenha sido removido pelo sujeito. Por outro lado, períodos mais longos podem também reportar erradamente inatividade da pessoa, quando na realidade esta removeu o instrumento durante um certo período. Devido a estas condicionantes, ainda não foram publicadas recomendações estandardizadas sobre o período de tempo mais adequado. Por conseguinte, esses períodos de interrupção do tempo de utilização do monitor devem ser, sempre que possível, referidos pelos autores de forma a clarificar o processo de decisão efetuado (Catellier *et al.*, 2005).

Variáveis de interesse: dimensões da AF

Como já foi referido anteriormente, os dados recolhidos pelo acelerómetro são expressos em *counts* (Welk, 2002). Estes podem ser utilizados para obter determinadas variáveis tais como (Ridgers, & Fairclough, 2011):

- O tempo despendido em AFs de diferentes intensidades (min);
- O tempo despendido em sessões contínuas de AF de diferentes intensidades (min/sessão);
- A intensidade média da AF praticada (impulsos/min/dia)
- A totalidade da AF realizada (impulsos/dia).

A escolha da variável de interesse mais adequada irá depender da questão central do estudo, ou seja, do que se pretenda avaliar (Welk, 2002). Todas elas apresentam um interesse significativo para os investigadores que pretendem implementar e avaliar intervenções relacionadas com a prática de AF, na medida em que podem ser estabelecidos períodos de atividade, inatividade e sessões de prática contínua de AF para as populações de interesse.

A acelerometria permite, portanto, a obtenção de dados valiosos associados aos níveis e padrões do comportamento de AF, sendo uma área que se encontra em contínua expansão do conhecimento científico (Ridgers, & Fairclough, 2011).

Valores de corte para as diferentes intensidades

Quando se pretende, por exemplo, avaliar as recomendações para a prática de AF ou a quantidade de atividade realizada por uma determinada população, a variável de interesse associada corresponde ao tempo despendido em diferentes intensidades (Ridgers, & Fairclough, 2011). De modo a proceder a essas avaliações, foram desenvolvidos valores de corte com o objetivo de fracionar a intensidade em várias categorias (sedentária, ligeira, moderada e vigorosa) (Welk, 2002).

Estes valores foram calculados através da introdução do DE pretendido em equações de regressão, baseadas na relação entre o gasto energético e os impulsos obtidos pelo acelerómetro (Jago, Zakeri, Baranowski, & Watson, 2007). A análise dos dados é realizada por *epochs*, sendo contabilizado o número de impulsos para esse período de tempo e classificada a categoria de intensidade correspondente em função dos valores de corte previamente definidos. Esses períodos de tempo serão posteriormente acumulados de modo a fornecerem indicações sobre o tempo despendido pelo sujeito em diferentes níveis de intensidade para esse dia de registo (Ridgers, & Fairclough, 2011). A utilização de valores de corte para análise dos dados de acelerometria tem sido alvo de grande discussão, devido à existência de uma variabilidade significativa de valores que definem os níveis de intensidade moderada e vigorosa, influenciando o cumprimento das recomendações para a prática de AF. Essa variabilidade pode afetar a comparação entre estudos e classificar incorretamente as pessoas como ativas ou inativas (Matthew, 2005).

De facto, não existe consenso sobre os valores de corte que devem ser representativos da intensidade sedentária, leve, moderada e vigorosa, tanto em crianças como em adultos (Matthew, 2005; Mattocks *et al.*, 2007). A aplicação de determinados valores encontra-se dependente do tipo de população em estudo e o modo como a amostra se compara à população a partir da qual esses valores foram desenvolvidos. Os avaliadores devem estar conscientes do impacto que diferentes valores de corte apresentam nos seus dados, reconhecendo essa variabilidade como uma limitação (Corder *et al.*, 2007).

Esses valores de corte são também específicos do tipo de monitor utilizado (Welk, 2002). Relativamente aos acelerómetros da *Actigraph*, é possível obter na literatura científica uma grande quantidade de equações de predição do DE publicadas por diversos autores, a partir das quais foram definidos valores de corte para as categorias de intensidade moderada e vigorosa (Matthew, 2005). Os primeiros estudos com este tipo de monitores focaram-se essencialmente na avaliação de atividades dinâmicas, como a marcha e a corrida. Mais recentemente, estudos conduzidos a

partir do final da década de 90 avaliaram atividades comuns do estilo de vida, envolvendo uma mistura de elementos estáticos e dinâmicos, como as tarefas domésticas e jardinagem (Matthew, 2005).

Na tabela seguinte é apresentada informação adicional relativa ao número e tipo de atividades executadas por alguns destes estudos no desenvolvimento das equações e valores de corte subsequentes para a população adulta. O método de referência utilizado para os estudos referidos foi a calorimetria indireta. Todos estes estudos envolveram apenas adultos aparentemente saudáveis na sua amostra.

Para além disso, são também apresentados os valores publicados por Troiano e col. (2008), tendo sido calculados através de uma média ponderada dos critérios determinados por 4 estudos que definiram os seus limiares de intensidade com base na avaliação de atividades dinâmicas, como a corrida em passadeira ou marcha no terreno (Brage *et al.*, 2003; Freedson *et al.*, 1998; Leenders *et al.*, 2003; Yngve *et al.*, 2003).

Tabela 2. Descrição das equações de predição da *Actigraph* e valores de corte para as diferentes intensidades.

Referências	n ^e	Equações de Regressão ^d	R ²	EPE	Contexto da AF	Valores de corte (impulsos/min)		
						Inatividade/Ligeira	Moderada	Vigorosa
Freedson e col. (1998)	50	METs = 1,439008 + 0,000795 * Act (impulsos/min)	0.82	1.12	Marcha e Corrida na Passadeira	0 – 1951	1952 – 5724	≥ 5725
Yngve e col. (2003)	28	METs = 0,751 + 0.0008198 * Act (impulsos/min)	0.86	1.10	Marcha e Corrida no Terreno	0 – 2742	2743 – 6402	≥ 6403
Brage e col. (2003)	12	METs = 2,886 + 0,0007429 – 0,02 (VO ₂) ^a * Act (impulsos/min)	0.89	0.91	Marcha e Corrida na Passadeira	0 – 1809	1810 – 5849	≥ 5850
Hendelman e col. (2000)	25	METs = 1,602 + 0,000638 * Act (impulsos/min)	0.59	0.87	Marcha no Terreno	0 – 2190	2191 – 6892	≥ 6893
Swartz e col. (2000)	70	METs = 2,606 + 0,0006863 * Act (impulsos/min)	0.32	1.16	Atividades do dia-a-dia	0 – 573	574 – 4944	≥ 4945
Leenders e col. (2003)	28	METs = 2,240 + 0,0006 * Act (impulsos/min)	0.74	0.53	Marcha na Passadeira	0 – 1266	1267 – 6251	≥ 6252
Troiano e col. (2008)		^b			Corrida na passadeira e marcha no terreno	^c	2020 – 5998	≥ 5999

Abreviaturas: AF, atividade física; n, amostra do estudo; R², coeficiente de determinação; EPE, erro padrão de estimação; Act, *Actigraph*; MET, equivalente metabólico; min, minutos.

^a Os valores de corte de Brage e col. (2003) foram estimados a partir da equação de regressão e do nível médio de *fitness* dos participantes do estudo (61,6 ml/kg/min).

^b Média ponderada dos critérios determinados por 4 estudos: Brage e col. (2003); Freedson e col. (1998); Leenders e col. (2003) e Yngve e col. (2003).

^c Distinção entre Inatividade (0 – 99 impulsos/min) e Atividade Ligeira (100 – 2019 impulsos/min).

^d Todas as equações de regressão desenvolvidas utilizaram a calorimetria indireta como método de referência.

^e Características da amostra: Freedson: 25 homens e 25 mulheres (23.8 ± 4,0 anos; 67.4 ± 7.7 kg; 171.8 ± 6.5 cm); Yngve: 14 homens e 14 mulheres (23.4 ± 2.6 anos; 68.7 ± 4.6 kg; 1.74 ± 7.0 cm); Brage: 12 homens (22.7-30.0 anos; 63.9-91.2 kg; 169-199 cm); Hendelman: 10 homens e 15 mulheres (40.8 ± 7,2 anos; 71,5 ± 13.7 kg; 171.3 ± 8.5 cm); Swartz: 31 homens e 39 mulheres (41.0 ± 15.0 anos; 76.2 ± 18.2 kg; 1.71 ± 9.4 cm) e Leenders: 11 homens e 17 mulheres (23.7 ± 3.9 anos; 67.2 ± 13.5 kg; 1.69 ± 7.0 cm).

Três dos estudos (Brage *et al.*, 2003; Freedson *et al.*, 1998; Yngve *et al.*, 2003) avaliaram a marcha e a corrida, reportando que os impulsos/min das atividades apresentaram um elevado poder explicativo ($R^2 = 0.82$ a $R^2 = 0.89$) da variabilidade dos valores obtidos por calorimetria indireta. O seu erro padrão de estimação (EPE) foi de aproximadamente 1 MET.

Dois estudos (Hendelman *et al.*, 2000; Leenders *et al.*, 2003) avaliaram unicamente a marcha, tendo sido reportados valores de coeficiente de determinação ligeiramente inferiores ($R^2 = 0.59$ e $R^2 = 0.74$), ambos com EPE abaixo de 1 MET.

Para o estudo de Swartz e col. (2000) foram somente avaliadas atividades comuns do estilo de vida, de intensidade leve a moderada, que envolveram uma mistura de elementos dinâmicos e estáticos, como várias tarefas domésticas e jardinagem. O valor de R^2 neste estudo foi inferior a todos os outros ($R^2 = 0.32$), mas o EPE foi também de cerca de 1 MET.

Os valores de corte para a definição da intensidade moderada (3 – 6 METs) obtidos a partir de três equações de marcha e corrida para a *Actigraph* (Brage *et al.*, 2003; Freedson *et al.*, 1998; Yngve *et al.*, 2003) variaram entre 1680 e 2743 impulsos/min, sendo a mediana de 2100 impulsos/min. Em contraste, os valores de corte para a categoria de intensidade moderada, calculados a partir de uma equação que derivou de um conjunto amplo de atividades do estilo de vida, de intensidade leve e moderada (Swartz *et al.*, 2000), foram bastante inferiores (574 impulsos/min). Entre os estudos que utilizaram atividades de intensidade moderada e vigorosa (Brage *et al.*, 2003; Freedson *et al.*, 1998; Yngve *et al.*, 2003), o intervalo de valores de corte para a categoria de intensidade vigorosa foi entre 5725 e 6585, sendo a mediana de 5900 impulsos/min.

Estudos de validade e fiabilidade usando acelerómetros da *Actigraph*

Um instrumento é considerado válido se for capaz de medir aquilo que realmente pretende medir (Bassett, Rowlands, & Trost, 2012). A validação critério é realizada comparando o monitor em questão com um método de referência. Contudo, é importante referir que não se valida o instrumento *per se*, mas relativamente ao objetivo para o qual ele está a ser utilizado. Em estudos de validação da acelerometria, são habitualmente usados métodos de referência como a água duplamente marcada e a calorimetria indireta (Bassett *et al.*, 2012).

Para além da validade, a fiabilidade de um instrumento também constitui um aspeto importante. Esta refere-se à precisão das medições realizadas pelo método de

avaliação, que pode ser averiguada através da análise da consistência ou estabilidade desse método (Bassett *et al.*, 2012).

Na literatura foi possível encontrar diversos estudos de validade e fiabilidade deste instrumento, sendo de seguida apresentada uma descrição sumária de alguns em que foram usados acelerómetros da *Actigraph*.

Bassett e col. (2000) testaram a validade de quatro sensores de movimento para a medição do DE durante a realização de atividades de intensidade moderada em contexto laboratorial e no terreno. Oitenta e um participantes, entre os 19 e os 74 anos, completaram diversas tarefas selecionadas a partir de seis categorias gerais: atividades de lazer, domésticas, ocupacionais, jardinagem, condicionamento e *babysitting*. Durante cada atividade, o DE foi medido através da utilização de um sistema metabólico portátil. Os participantes utilizaram também três acelerómetros entre eles um acelerómetro da *Computer Science and Application* (CSA) e um pedómetro durante a execução das atividades propostas. Para o CSA, três equações previamente desenvolvidas (manual do CSA, Freedson e Hendelman) foram utilizadas para a conversão dos impulsos em DE. Os resultados mostraram que o CSA que utilizou a equação de regressão do próprio manual do instrumento (CSA1) sobrestimou o custo energético da marcha, tendo subestimado o DE da maioria das restantes atividades em cerca de 1 MET. Relativamente ao CSA que utilizou a equação de Freedson (CSA2), este subestimou o DE em 28 atividades, mostrando que esta equação não deve ser generalizada para todo o tipo de atividades. Quanto ao CSA que usou a regressão de Hendelman (CSA3), baseada em atividades do estilo de vida, esta apresentou valores de erro que não foram significativamente diferentes de zero em todas as atividades. Contudo, esta equação sobrestimou o DE em atividades de intensidade leve e subestimou o DE em atividades vigorosas. O valor médio de erro para estas três equações do CSA englobando todas as atividades foi: CSA1, 0.97 MET; CSA2, 0.47 MET e CSA3, 0.05 MET. Quanto ao coeficiente de correlação (R) este apresentou valores de 0.620 para o CSA1 e CSA3 e de 0.316 para o CSA2. Os autores verificaram, portanto, que de todos os CSAs, o que apresentou um melhor desempenho na sua globalidade foi o CSA baseado no modelo de Hendelman. Em termos gerais, foi concluído que os sensores de movimento avaliados tendem a sobrestimar o DE durante a marcha. Contudo, eles subestimam o custo energético de muitas outras atividades, sobretudo devido à sua incapacidade em detetar movimentos essencialmente realizados pelos membros superiores.

Leenders e col. (2001) tiveram como objetivo comparar diferentes métodos de avaliação da AF com a água duplamente marcada. Essa avaliação foi realizada em condições normais do estilo de vida. 13 pessoas do género feminino participaram num

protocolo com a duração de 7 dias, em que o DET diário foi medido através do método de referência acima referido. Para além disso, foram também medidas as variáveis da TMB e VO_2 pico de cada participante. O DEAF de cada sujeito foi calculado subtraindo a TMB e o ETA do DET diário. Simultaneamente, durante esse mesmo período, a AF foi avaliada através de três sensores do movimento: um pedómetro e dois acelerómetros colocados na zona da cintura, entre os quais um modelo da CSA. Os autores verificaram que o CSA subestimou significativamente o DEAF em 59%, comparativamente com o valor de DEAF obtido pela água duplamente marcada.

Outro estudo efetuado por Crouter e col. (2006), teve como objetivo a validação de diversas equações de regressão desenvolvidas para o cálculo do DE, com base em acelerómetros da *Actigraph*, *Actical* e *AMP-331*, comparativamente com o método da calorimetria indireta. Para além disso, este estudo teve também como propósito examinar a capacidade desses monitores em estimar o tempo despendido em AF de intensidade leve (< 3 METs), moderada (3 – 6 METs) e vigorosa (> 7 METs). Essa avaliação foi realizada para um amplo conjunto de atividades. Quarenta e oito participantes executaram diversas atividades desportivas, bem como atividades típicas do dia-a-dia, que variaram desde comportamentos sedentários a exercícios vigorosos. Os participantes utilizaram três diferentes tipos de acelerómetros, sendo simultaneamente medido o DE através de um sistema metabólico portátil. Para a *Actigraph*, 15 equações de regressão publicadas foram utilizadas para a predição do DE a partir dos impulsos obtidos pelo acelerómetro. Crouter e os restantes autores verificaram que essas equações tendem a sobrestimar a marcha e as atividades sedentárias, subestimando a maioria das restantes atividades. A única equação que não apresentou diferenças significativas relativamente ao tempo despendido em atividades de intensidade leve e moderada foi a equação de *kcal* de Freedson. Todas as equações subestimaram significativamente o tempo despendido em atividades de intensidade vigorosa ($p < 0.05$). Como principal conclusão deste estudo, os autores afirmaram que as equações publicadas com o objetivo de determinar o DE são válidas apenas relativamente às atividades para as quais foram desenvolvidas. Isto é, as equações tendem a perder validade ao estimar o DE nas diferentes atividades do protocolo. Assim sendo, não existe uma equação de regressão que funcione de forma adequada para todo o tipo de atividades, quer para a estimação do DE como do tempo despendido em AF de intensidade leve, moderada e vigorosa.

Leenders e col. (2006) realizaram um estudo com o intuito de comparar o DE estimado por várias equações de regressão desenvolvidas por diferentes autores com o DE obtido pela água duplamente marcada. Treze sujeitos participaram num protocolo com a duração de 7 dias, sendo avaliado o seu DET diário através desse

método de referência. Simultaneamente, durante o mesmo período de tempo, os participantes utilizaram dois acelerómetros, um *Tritrac-R3D* e um *Actigraph*. Em termos metodológicos é importante salientar que a AF dos participantes foi limitada *a priori* para atividades de carácter ambulatorio, ou seja, o conjunto permitido excluía atividades não detetadas pelo acelerómetro, tais como atividades aquáticas, ciclismo e trabalho de resistência com cargas adicionais. A percentagem de diferença entre o DET obtido pela água duplamente marcada e pelo acelerómetro da *Actigraph* determinado com base nas equações de regressão de Hendelman e Swartz (respetivas às atividades do estilo de vida) foi significativamente diferente de zero ($p=0.36$ e $p=0.23$). A média das diferenças foi de -2 e -4%, respetivamente. No entanto, a concordância entre os DETs (dados pelos modelos e pelo método de referência) apresentou alguma variabilidade: - 29 a -24%. Quanto às restantes equações, estas apresentaram diferenças significativas comparativamente com o valor apresentado pela água duplamente marcada. Este estudo veio reforçar a dificuldade existente em extrapolar os resultados das equações de predição do DE desenvolvidas em contexto laboratorial, para um contexto em que os participantes são expostos a condições do estilo de vida. No caso da equação de Hendelman, o coeficiente de determinação (R^2) em atividades como a marcha foi de 0.59, enquanto em atividades da vida diária desceu para 0.32. O mesmo resultado foi obtido pela equação de Swartz para as atividades do estilo de vida.

Lyden e col. (2010) pretenderam avaliar a validade de onze equações de predição de DE para três diferentes acelerómetros, entre os quais um modelo da *Actigraph*. Duzentos e quarenta e sete participantes completaram uma média de 6 atividades de passeira (1.34; 1.36; 2.23 m/s cada um com 0 e 3% de inclinação) e 5 atividades do estilo de vida, realizadas ao ritmo mais confortável para cada pessoa. O DE medido foi obtido através da aplicação de uma unidade metabólica portátil, sendo os três acelerómetros utilizados simultaneamente no decorrer dessas atividades. Dentro dos vários modelos de predição do DE, destaque para os modelos de Freedson, Swartz e Crouter que foram desenvolvidos com base em acelerómetros da *Actigraph*. Os autores observaram que a equação de Freedson subestimou o DE em todas as atividades do estilo de vida e atividades de passeira, com exceção para a marcha lenta e a média velocidade, ambas sem inclinação. Quanto ao modelo de Swartz, este apresentou uma melhor estimativa dos METs (comparativamente com o modelo de Freedson) para as atividades do estilo de vida, atividades de passeira, e todas as atividades em conjunto. Este aumento deveu-se principalmente à maior capacidade de estimação das atividades de intensidade moderada por parte deste modelo, enquanto as atividades de intensidade leve foram sobrestimadas. Para

terminar, o modelo de dupla-regressão de Crouter promoveu uma melhor predição do DE em atividades de intensidade leve comparativamente com modelos de regressão linear simples, caso dos modelos de Freedson e Swartz, que geralmente tendem a sobrestimar estas atividades. Foi igualmente verificada uma melhoria na predição do DE em todas as atividades do estilo de vida. Por outro lado, não foram observadas melhorias na estimação do DE em atividades de passeadeira, comparativamente com os outros dois modelos de regressão.

Strath e col. (2003) tiveram como objetivo avaliar a validade de cinco equações de regressão desenvolvidas com base em acelerómetros da *Actigraph*, para a estimação do tempo despendido em diferentes categorias de intensidade durante a realização de atividades do estilo de vida. O método de referência utilizado foi a calorimetria indireta. 10 participantes executaram diversas tarefas habituais da vida diária, entre as quais ver televisão, ler, andar, correr, cozinhar, limpar a casa, lavar pratos, varrer o chão e fazer compras. Essas atividades foram realizadas durante um período quase contínuo de 5-6 horas, em que o consumo de O₂ (medido através de uma unidade metabólica portátil) e os dados do acelerómetro foram recolhidos. A quantidade de tempo despendida em inatividade/atividade leve, moderada e vigorosa foram calculadas a partir de valores de corte determinados com base em cinco equações de regressão que relacionaram os impulsos registados pelo acelerómetro com o DE obtido: Freedson, Hendelman (2 equações), Nichols e Swartz. Relativamente aos resultados, os autores verificaram que os valores de corte baseados na equação de Freedson sobrestimaram o tempo despendido em inatividade/intensidade leve em 13% e subestimaram a intensidade moderada em 60%. Quanto aos valores de corte da equação de Hendelman (desenvolvido a partir de atividades da vida diária), estes subestimaram o tempo em inatividade/intensidade leve em 29%, tendo sobrestimado a atividade moderada em 120%. Em relação aos valores de corte da outra equação do mesmo autor (desenvolvida a partir da marcha em pista coberta), foi sobrestimado o tempo em inatividade/intensidade leve em 14% e subestimada a atividade moderada em 60%. Já os valores de corte de Nichols sobrestimaram o tempo em inatividade/intensidade leve em 12%, tendo subestimado o tempo em atividades moderada em 55%. Para terminar, os valores de corte de Swartz não apresentaram diferenças significativas, comparativamente com o método de referência para a estimação do tempo em inatividade/intensidade leve, moderada e vigorosa. Contudo, mesmo neste último método foram observados grandes erros de predição a nível individual. Como principal conclusão deste estudo, os autores verificaram que os diferentes valores de corte proporcionaram estimativas

substancialmente diferentes do tempo despendido em inatividade/intensidade leve, moderada e vigorosa.

Mais recentemente, um estudo realizado por Trost e col. (2011) teve como objetivo avaliar a validade na classificação de cinco conjuntos diferentes de valores de corte (específicos da *Actigraph*) para crianças e adolescentes. Essa avaliação foi efetuada utilizando como referência o método da calorimetria indireta. 206 crianças e adolescentes, com idades entre os 5 e 15 anos, participaram em 12 atividades estandardizadas. Essas atividades incluíam comportamentos sedentários (estar deitado, escrever, jogar computador), atividades do estilo de vida (varrer o chão, lavar roupa, atividades aeróbias, basquetebol), e atividades ambulatórias (marcha confortável, marcha rápida, marcha rápida na passarela e corrida). Durante a execução de cada atividade, os participantes usaram um acelerómetro da *Actigraph*, sendo o VO_2 medido simultaneamente através de um sistema metabólico portátil. A intensidade da AF foi estimada utilizando 5 conjuntos de valores de corte anteriormente publicados: Freedson/Trost, Puyau, Treuth, Mattocks e Evenson. A validade na classificação foi avaliada com recurso a curva ROC (receiver operating characteristic curve). Os resultados mostraram que para os quatro níveis de intensidade, os valores de corte de Evenson e Freedson/Trost apresentaram melhor concordância do que os valores propostos por Treuth, Mattocks e Puyau. Os valores de Evenson e Freedson/Trost apresentaram igualmente uma maior validade na classificação das intensidades moderada e vigorosa (ROC-AUC = 0.90) do que Treuth, Puyau ou Mattocks (ROC-AUC = 0.77-0.85). Apenas os valores de corte de Evenson resultaram numa classificação aceitável para os quatro níveis de intensidade, tendo revelado um bom desempenho entre crianças de todas as idades. Como conclusão do estudo, os autores recomendaram que fossem utilizados os valores de corte de Evenson para avaliação do tempo despendido em atividades de intensidade sedentária, leve, moderada e vigorosa em crianças e adolescentes.

Trost e col. (1998) calcularam a fiabilidade interinstrumento para dois acelerómetros da *Actigraph* utilizados na anca esquerda e direita. 30 crianças, com idades entre os 10 e os 14 anos, completaram três sessões de 5 minutos na passarela a 4.8, 6.4 e 9.7 km/h, respetivamente. Os autores verificaram que, para todas as velocidades, o coeficiente de correlação intraclasse (CCI) foi de 0.87.

Outro estudo realizado por Welk e col. (2004), teve como objetivo comparar a fiabilidade interinstrumento de quatro diferentes marcas de acelerómetros, entre os quais um modelo da *Actigraph*, durante três sessões de marcha na passarela a 4.8 km/h. Os resultados mostraram que o acelerómetro da *Actigraph* apresentou a menor

variabilidade (8.9%) de todos os instrumentos avaliados e a melhor fiabilidade, apresentado um CCI de 0.80 para todas as sessões realizadas.

Mais recentemente, McClain e col. (2007) pretenderam avaliar a fiabilidade interinstrumento de acelerómetros da *Actigraph*, usados simultaneamente na anca esquerda e direita, durante 24h em condições do estilo de vida. 10 sujeitos, com idades compreendidas entre os 27 e os 33 anos, foram recrutados para este estudo. Dois acelerómetros da *Actigraph* foram utilizados por cada um dos avaliados durante as horas de vigília. Relativamente aos resultados, os autores verificaram que os impulsos, passos e variáveis derivadas do tempo despendido em intensidade sedentária, ligeira, moderada, vigorosa e moderada e vigorosa, (determinados a partir de valores de corte publicados por Freedson, tendo sido utilizado o valor de 500 impulsos para separar a intensidade sedentária da ligeira), apresentaram elevada fiabilidade interinstrumento, com valores de CCI entre 0.97 e 0.99 para todas as variáveis. Para a intensidade moderada, o CV apresentou uma variabilidade superior às restantes categorias, exibindo um valor médio de 13.5%. Colapsando os dados da intensidade moderada e vigorosa numa única categoria de intensidade, foi verificada uma melhoria no CV médio para 3.7%. Como conclusão do estudo, os autores referem que os acelerómetros da *Actigraph* apresentam uma elevada fiabilidade interinstrumento quando aplicados em condições normais do estilo de vida. Reforçam ainda que, caso não seja necessária a avaliação das categorias de intensidade moderada e vigorosa de modo separado, estas devem ser agrupadas de forma a serem obtidos valores mais favoráveis de fiabilidade interinstrumento.

Brage e col. (2003) usaram um dispositivo de oscilação mecânica para avaliar a fiabilidade intra e interinstrumento dos acelerómetros da *Actigraph*. A média do CV interinstrumento para todas as unidades foi de 4.4%. Contudo, grandes variações foram observadas em acelerações muito baixas e muito altas. Relativamente à fiabilidade interinstrumento, o ICC apresentou valores entre 0.96 e 0.99.

Metcalf e col. (2002) utilizaram uma plataforma giratória motorizada para verificar a fiabilidade intra e interinstrumento dos acelerómetros da *Actigraph*. Os resultados apresentaram grande fiabilidade intrainstrumento por parte destes monitores. A média velocidade, o CV médio foi de 1.4% e o CCI foi 0.84. A alta velocidade, o CV médio foi menor do que 1% e o ICC foi de 0.93. Para avaliar a fiabilidade interinstrumento, seis conjuntos separados de quatro acelerómetros *Actigraph* foram colocados na plataforma giratória a media e alta velocidade. A média velocidade, o CV variou entre 1.4 e 5.3% e o CCI entre 0.71 e 0.99. A alta velocidade, o CV variou entre 1.8 e 5.3%, tendo o ICC apresentado valores entre 0.87 e 0.98.

Método combinado de acelerometria com monitorização da FC

Este é um método relativamente recente que consiste na combinação da acelerometria com a monitorização da FC. A sua utilização tem sido proposta por diversos autores, de forma a proceder-se a uma avaliação mais válida do DEAF e da intensidade da AF realizada, comparativamente com ambos os métodos utilizados isoladamente (Brage, Brage, Franks, Ekelund, & Wareham, 2005; Strath, Bassett, Swartz, & Thompson, 2001; Thompson, *et al.*, 2006).

Inicialmente, essa combinação era realizada através da utilização conjunta dos dois aparelhos: cardiofrequencímetro e acelerómetro. Só recentemente foi criado um instrumento que engloba ambos os métodos (Brage *et al.*, 2005). Neste tipo de instrumentos, os prós de cada método são combinados, colmatando assim algumas das lacunas associadas a cada um deles. Para além disso, o erro de medição dos dois métodos não está correlacionado (Warren *et al.*, 2010). Em níveis mais baixos de intensidade, existe uma menor validade na estimação do DE por parte da FC. Estes correspondem aos níveis em que os acelerómetros apresentam uma maior validade (Warren *et al.*, 2010). Também as atividades estáticas ou realizadas em planos inclinados passam a poder ser quantificadas, recorrendo aos parâmetros da FC. Outra vantagem deste método refere-se à facilidade com que são identificados os períodos de interrupção na utilização deste instrumento, devido à medição contínua da FC, algo que por vezes é difícil de ser determinado quando é somente aplicado o método da acelerometria (Warren *et al.*, 2010).

Um dos dispositivos que combina um monitor de FC e um acelerómetro na mesma unidade foi desenvolvido pela empresa *Cambridge Neurotechnology* (*Actiheart*®, *Cambridge Neurotechnology Ltd.*) (Brage *et al.*, 2006).

Através do *software* deste equipamento é possível calcular o DEAF utilizando diferentes equações de predição incluídas no manual do *Actiheart*. Essas podem ter apenas como base a FC, a acelerometria, ou um modelo combinado de ambos os métodos (Brage *et al.*, 2004). Neste último caso, os dados da FC são convertidos em DE utilizando uma equação proveniente de uma calibração individual, ou a partir de uma equação de grupo resultante de calibrações obtidas em estudos realizados com diferentes populações. Por outro lado, a informação proveniente do acelerómetro é convertida em DE a partir da aplicação de um conjunto de equações de acelerometria calibradas para a marcha e para a corrida (Brage *et al.*, 2007). Desta forma, para a estimativa do DEAF, é utilizado um algoritmo que resulta de um modelo de equações ramificadas (Brage *et al.*, 2004).

A partir desse *software* é também possível obter informações referentes à FC, ao DE e aos impulsos/min num determinado período de tempo, permitindo dessa forma analisar o tempo despendido em atividades de diferentes intensidades.

Contudo, este método combinado apresenta algumas desvantagens, nomeadamente o seu custo elevado, a possibilidade de ruído eletrónico por má colocação dos elétrodos, a deslocação dos mesmos devido ao suor abundante e a possibilidade de alergias (Brage *et al.*, 2007). De modo a solucionar alguns destes problemas, foi criada uma banda como alternativa aos elétrodos tradicionais, resolvendo algumas questões relacionadas com as reações alérgicas e deslocamentos em ambientes quentes e húmidos que proporcionam uma maior suduação dos participantes.

Posicionamento do método combinado

São praticamente inexistentes os estudos que pretenderam abordar em pormenor a questão do posicionamento deste instrumento para uma avaliação mais precisa do DE e da AF realizada. Ainda assim, foi possível encontrar um estudo efetuado por Brage e col. (2006) que teve como objetivo avaliar a influência que o posicionamento deste monitor apresenta para a medição da FC e do movimento, bem como para a estimação do DE. Doze homens (21-39 anos) e doze mulheres (21-34 anos) foram recrutados para este estudo. Os avaliados utilizaram dois monitores *Actiheart*, um colocado ao nível do terceiro espaço intercostal (posição superior) e outro colocado imediatamente abaixo do apêndice xifoide (posição inferior), durante a execução de atividades como marcha sem inclinação, marcha inclinada e corrida sem inclinação (todas na passadeira), tendo igualmente completado pelo menos um dia de monitorização em condições do estilo de vida. Quanto aos resultados obtidos, os autores verificaram que a qualidade dos dados de FC foi geralmente superior no monitor colocado na posição inferior. Este efeito foi mais pronunciado nos homens, tanto nas atividades de passadeira como nas atividades do estilo de vida. Apenas pequenas diferenças ($\leq 8\%$) foram observadas nos impulsos registados em mulheres durante as atividades de marcha inclinada e corrida sem inclinação. Relativamente às atividades do estilo de vida, não foi observado qualquer efeito do posicionamento do instrumento nos impulsos registados em ambos os géneros. Em todos os cenários de teste, ou seja, em todas as atividades, a predição do DE a partir das duas posições não apresentou diferenças significativas. Como conclusão deste estudo, os autores referiram que a colocação do monitor no nível imediatamente abaixo do apêndice

xifoide parece produzir dados de FC com melhor qualidade (menor ruído) comparativamente com o monitor posicionado ao nível do terceiro espaço intercostal. Quanto às restantes variáveis foi observado que, independentemente da posição utilizada, pouco ou nenhum efeito foi verificado ao nível dos impulsos registados e do DE estimado.

Estudos de validade e fiabilidade do método combinado

Por se tratar de um método relativamente recente, são ainda poucos os estudos que tiveram como objetivo avaliar a validade e fiabilidade deste método. De seguida, será apresentado um resumo dos estudos encontrados que se focaram essencialmente nestas questões.

Assah e col. (2011) conduziram um estudo de validação dos diferentes modelos deste método, numa amostra constituída por 33 pessoas da população dos Camarões, em condições normais do dia-a-dia. O método de referência utilizado para termos comparativos foi a água duplamente marcada. Os resultados mostraram que o DET obtido por ambas as equações de calibração (tanto individual como de grupo) se encontrou fortemente associado ao DET obtido pela água duplamente marcada, sem que tivesse ocorrido uma subestimação significativa do DET predito pelo método combinado, comparativamente com o determinado pelo método de referência. Como conclusão do estudo, os autores sugerem que o método combinado se apresenta como um método válido para a avaliação do DET, podendo ser utilizado em diferentes estudos epidemiológicos que pretendam estimar o DET.

Outro estudo realizado por Crouter e col. (2007), teve como objetivo avaliar a validade do método de predição do método combinado durante a execução de um amplo conjunto de atividades comuns do estilo de vida. O método de referência utilizado foi a calorimetria indireta. 48 participantes, com idades entre 24 e os 46 anos, foram recrutados para este estudo. 18 atividades foram divididas em 3 rotinas de 6 atividades, sendo que cada rotina foi executada por 20 participantes. Durante a realização das atividades, os participantes utilizaram simultaneamente um monitor da *Actiheart* e um sistema metabólico portátil (*Cosmed K4b2*) para a medição do DEAF. O algoritmo da FC, algoritmo da atividade e o algoritmo combinado da FC com o movimento foram utilizados para a estimativa do DEAF. Os resultados deste estudo mostraram que o algoritmo da FC e o algoritmo combinado da FC com o movimento proporcionaram estimativas similares do DEAF comparativamente com o método de

referência. Quanto ao algoritmo do movimento, este proporcionou uma estimativa menos precisa do DEAF para todas as atividades, exceto para a marcha.

Spierer e col. (2010) compararam a validade da FC, acelerometria (ACC) e combinação FC/acelerometria do sensor da *Actiheart* com o acelerómetro da *Actical* para a predição do DE durante a execução de atividades de intensidade leve e moderada. 22 participantes, com idades compreendidas entre os 20 e os 34 anos, utilizaram um acelerómetro da *Actical*, um monitor da *Actiheart* e um aparelho metabólico portátil (*Cosmed K4b2*) durante a execução de atividades tais como jogar às cartas, varrer o chão, levantar pesos, marcha e corrida. Os resultados mostraram que todos os modelos avaliados revelaram uma tendência para subestimar o gasto energético das atividades referidas. Numa análise conjunta dessas atividades, não foram verificadas diferenças significativas na capacidade do acelerómetro e do método combinado (FC, acelerometria e combinação FC/acelerometria) em estimarem o seu DE. Contudo, o método combinado proporcionou uma estimação significativamente superior à do acelerómetro para atividades em que a aceleração da pélvis não está intimamente relacionada com o DE (jogar às cartas, varrer o chão e levantar pesos). Por sua vez, a predição do DE em atividades como a marcha e a corrida foram significativamente superiores para o acelerómetro. Os autores verificaram também que a componente de acelerometria do método combinado revelou ser o pior preditor, sugerindo que este pode ser o principal responsável pelo facto do modelo combinado de FC/acelerometria não ter apresentado, em termos gerais, estimativas superiores do DE comparativamente com as obtidas pelo acelerómetro.

Um estudo efetuado por Brage e col. (2005) teve como objetivo avaliar aspetos da fiabilidade e validade do método combinado relacionados com a sua configuração mecânica e durante as atividades de marcha e corrida. Em 8 unidades deste instrumento, a fiabilidade técnica (CV) e validade para o movimento foram avaliadas com acelerações sinusoidais ($0.1 - 20 \text{ m/s}^2$) e para a FC por simulação de impulsos de ondas-R (25-250 bpm). A concordância entre o método combinado e o eletrocardiograma (ECG) foi determinada durante o repouso e locomoção na passeadeira (3.2 – 12.1 km/h). A intensidade da marcha e corrida (em J/min/kg) foi avaliada com calorimetria indireta em 11 homens e 9 mulheres, com idades entre os 26 e os 50 anos, e modelados para o movimento, FC e combinação do movimento com FC por regressão linear múltipla, ajustada para o género. Relativamente aos obtidos, os autores verificaram que a mediana do CV intrainstrumento foi de 0.5 e 0.03% para o movimento e FC, respetivamente. Os valores correspondentes de CV interinstrumento foram de 5.7 e 0.03% com alguma evidência de heterocedasticidade para o movimento. A relação linear entre o movimento e a aceleração foi forte

($R^2 = 0.99$, $p < 0.001$). As ondas-R simuladas foram detetadas dentro de 1 bpm entre os 30 e os 250 bpm. Os limites de concordância a 95% entre o método combinado e o ECG foram de -4.2 a 4.3 bpm. Como principal conclusão deste estudo, os autores referem o método combinado como um instrumento tecnicamente fiável e válido. A intensidade da marcha e corrida pode ser estimada com precisão. Contudo, são necessários mais estudos para avaliar a validade deste instrumento relativamente a outras atividades e em condições do estilo de vida.

1.2. Pertinência do estudo

Como já foi referido anteriormente, encontram-se bem documentados os diversos benefícios de saúde associados à prática regular de AF (USDHHS, 2008). São essas evidências que levam diversas organizações profissionais e agências governamentais a emitirem recomendações para a prática de AF.

Consequentemente, a identificação do nível de AF habitual tornou-se um objetivo primordial para os investigadores, atendendo à sua enorme importância na saúde da população (Butte *et al.*, 2012), sendo reconhecida a sua associação com as taxas de morbilidade e mortalidade (Byberg *et al.*, 2009). A este propósito, importa salientar a necessidade da identificação do cumprimento dos 30 min de prática de AF de intensidade pelo menos moderada, durante a maioria, ou preferencialmente, todos os dias da semana, proposto por estas organizações.

Os métodos subjetivos, principalmente os questionários, têm sido os métodos mais frequentemente utilizados para a avaliação da AF de populações de vários países, devido ao seu baixo custo e viabilidade dos instrumentos (Prince *et al.*, 2008). Contudo, é necessário algum cuidado na interpretação dos resultados obtidos por estes métodos devido a um erro comum de sobrestimação, em parte relacionado com a expectativa social de uma maior prática de AF, mas também devido a dificuldades dos participantes em quantificarem a duração e intensidade das atividades praticadas (Troiano *et al.*, 2008). Consequentemente, e com o intuito de ultrapassar estes inconvenientes associados à aplicação dos métodos referidos, são necessárias medições objetivas que permitam obter valores mais válidos do nível de AF.

A acelerometria é reconhecidamente uma das técnicas de medição objetiva da AF que mais se tem destacado na última década, a partir da qual é possível identificar o nível de AF da população. Este método permite também estimar o DE através de modelos que têm vindo a ser desenvolvidos com base na acelerometria (Warren *et al.*, 2010). Contudo, diversas equações de predição do DE foram publicadas por vários

investigadores, assim como os respectivos valores de corte para as diferentes categorias de intensidade (Matthew, 2005). Esta diversidade tem suscitado algumas dúvidas na escolha do modelo mais adequado no âmbito clínico ou de investigação. Para além disso, poucos foram os estudos conduzidos para conhecer a validade de cada um desses modelos, de modo a facilitar o processo de tomada de decisão.

Geralmente, o método de referência utilizado para validação dos modelos na avaliação da quantidade de AF realizada é a calorimetria indireta. Contudo, em condições do estilo de vida, este método apresenta limitações de aplicabilidade ao contexto real, nomeadamente a necessidade de utilizar máscara (acoplada ao analisador de gases) (Macfarlane, 2001). Para além disso, o seu tempo de aplicação é bastante limitado. Com o aparecimento de um novo sensor que combina a acelerometria com a monitorização da FC, existe a possibilidade de, em contexto real e com despesas mais reduzidas, avaliar o tempo despendido em diferentes intensidades. Adicionalmente, os estudos de validação deste equipamento apresentaram resultados válidos e promissores comparativamente com os métodos de referência.

Em virtude do exposto, parece-nos pertinente a realização desta investigação, visto que até ao momento não foi conduzido nenhum estudo em que se tenha procedido a uma validação de modelos de acelerometria para estimar a quantidade de AF habitual, utilizando como referência o método combinado, em condições do estilo de vida.

1.3. Objetivo do estudo

O objetivo deste estudo consiste em validar o tempo despendido em intensidade moderada, vigorosa e moderada e vigorosa, obtido através de diferentes valores de corte definidos com base na acelerometria, tendo como referência o método combinado de acelerometria com a monitorização da FC.

2. Metodologia

2.1. Amostra do estudo

Este estudo contou com a participação voluntária de 30 adultos jovens do sexo masculino, com idades compreendidas entre os 20 e os 39 anos. Foram incluídos nesta amostra indivíduos saudáveis, não obesos, não fumadores, que não estivessem sob o efeito de medicação que afetasse o seu metabolismo energético.

Destas 30 pessoas, 9 foram excluídas por não apresentarem dados válidos de avaliação da AF, pelo que o total de indivíduos incluídos neste estudo foi de 21. De salientar que todos eles eram considerados fisicamente ativos, embora não fossem atletas.

Os participantes foram informados dos possíveis riscos inerentes à investigação antes de assinarem o consentimento informado de modo a participarem no estudo.

Todos os procedimentos foram aprovados pela comissão de ética da Faculdade de Motricidade Humana da Universidade Técnica de Lisboa.

2.2. Desenho experimental

Este trabalho fez parte de um estudo de maiores dimensões realizado no Laboratório de Exercício e Saúde da Faculdade de Motricidade Humana, no qual foi elaborado um protocolo experimental (estudo do tipo *cross-over*, com distribuição aleatória em duas condições distintas: placebo e cafeína) com a duração de 11 dias, tendo como objetivo avaliar os efeitos da cafeína na água corporal total, na distribuição de fluidos intracelulares e extracelulares e no DE.

No dia da avaliação, os participantes apresentaram-se no laboratório por volta das 8h00 da manhã, tendo cumprido todos os pré-requisitos: não praticar exercício vigoroso no dia anterior; não ingerir álcool nas 12 horas que antecedem a avaliação; apresentar-se em estado de jejum no dia da avaliação e ter pelo menos 8 horas de sono na noite anterior.

Após a realização das avaliações de composição corporal, foram inicializados o acelerómetro da *Actigraph* e o método combinado. Juntamente com a entrega dos monitores foram anexadas duas folhas. Numa delas o participante deveria indicar as AF realizadas e o respetivo tempo despendido, bem como os intervalos de tempo nos quais o aparelho foi retirado e qual o motivo associado. A outra folha continha

instruções sobre a utilização correta do equipamento, bem como os contactos do avaliador para esclarecimento de eventuais dúvidas que pudessem sugerir durante o período de avaliação.

Dos 11 dias do estudo foram utilizados 9 dias de registo, sendo que o primeiro dia e o último dia foram removidos por se encontrarem incompletos. Visto não terem sido encontradas diferenças entre o DE e tempo despendido em AFs de diferentes intensidades nas condições cafeína e placebo (Júdice *et al.*, 2012), optou-se por realizar este estudo contemplando os dias válidos nas duas condições.

2.2.1. Actiheart

O *Actiheart*® (*Actiheart, Cambridge Neurotechnology Ltd, Cambridge, UK*) é constituído por dois componentes. O componente principal, com 7 mm de espessura e 33 mm de diâmetro, aloja um sensor de movimento, uma bateria recarregável, um *chip* de memória e outros elementos eletrónicos. Um fio com aproximadamente 100 mm de comprimento liga o componente principal a um outro de menores dimensões (5x1x22 mm). O *Actiheart* possui a capacidade de medir acelerações, frequências cardíacas e respetiva variabilidade, e a amplitude de eletrocardiograma para um determinado intervalo de tempo. Os *epochs* podem ser definidos para 1 min, 30 s ou 15 s, sendo que para 1 min de *epoch* é possível a gravação de dados durante 11 dias consecutivos devido à sua memória interna de 128 kb (Brage *et al.*, 2005). Na sua totalidade, o aparelho pesa aproximadamente 8 g, tendo sido colocado numa banda *Polar* desenhada especificamente para o suportar. Como já foi referido anteriormente, a principal vantagem da utilização das bandas prende-se com a diminuição das irritações cutâneas provocadas pela colocação dos elétrodo durante um período prolongado, pois a utilização dos elétrodo em ambientes húmidos ou mesmo durante a prática de AF, pode levar ao deslocamento dos mesmos provocando o aparecimento de ruído eletrónico ou até perda de dados (Brage *et al.*, 2007).

Para caracterizar o nível de AF dos participantes foram utilizados os intervalos de intensidades definidos como: AF leve de 1.5 a 2.9 METs, AF moderada de 3.0 a 5.9 METs e AF vigorosa igual ou superior a 6 METs (Pate *et al.*, 2008).

Antes da inicialização do equipamento foi realizado um *step test* progressivo (incluído no software do *Actiheart*®), cuja principal função consiste em diminuir a variabilidade individual entre a relação FC-IAF. O protocolo tem a duração, aproximadamente, de 10 min, sendo o primeiro minuto de preparação, seguido de 8 min de teste propriamente dito onde o sujeito tem que subir e descer um *step* com altura de 215 mm. O teste é iniciado a uma cadência de 15 steps/min e aumenta

progressivamente até à velocidade de 33 steps/min. No final a pessoa senta-se numa cadeira sem falar durante 1 min. Após a calibração o aparelho foi iniciado no modo *Long Term* com *epochs* de 1 min e colocado na banda *Polar®* do participante abaixo da linha do peitoral, garantindo sempre que a componente principal do *Actiheart* se encontrava em contacto com a pele, e o mais centrado possível em relação ao esterno.

Foi pedido aos participantes que utilizassem o *Actiheart* durante todo o dia, inclusive durante a noite. O aparelho era tirado apenas para tomar banho, ou para qualquer atividade aquática. Contudo, nenhum dos participantes realizou atividades aquáticas durante o período de avaliação. Foi ainda salientada a importância de manter o aparelho na horizontal mas sem colocar o fio sob tensão, de forma a evitar o aparecimento de ruído eletrónico nos dados ou desconforto durante a expansão do tronco num qualquer movimento (Brage *et al.*, 2005).

Análise de dados – *Actiheart*

Os dados do *Actiheart* foram descarregados utilizando o *software* comercial do aparelho. Este programa foi ainda executado para limpar dados com ruído eletrónico ou qualquer outro tipo de artefactos, permitindo mesmo em alguns casos recuperar informação usando um algoritmo do distribuidor (<http://www.camntech.com>). Para determinar se os dias eram válidos foram exportados os registos do *Actiheart* para um ficheiro da Microsoft EXCEL™, tendo sido calculados para cada dia a percentagem de minutos que o aparelho codificava como válidos, a percentagem de minutos que o instrumento recuperava através do algoritmo específico e a percentagem de minutos não registados. Os dias foram considerados válidos nos casos em que a percentagem de minutos por dia validados pelo *Actiheart* foi superior a 60% e com uma percentagem de minutos recuperados não inferior a 90%.

Apenas foram utilizados os dias válidos do *Actiheart* para calcular o tempo médio despendido pelos participantes em intensidade moderada, vigorosa e moderada e vigorosa. O programa utilizado para essa função foi o Microsoft EXCEL™.

2.2.2. Acelerómetro da *Actigraph*

O acelerómetro utilizado foi o *Actigraph® GT1M* (*Actigraph, GT1M model, Fort Walton Beach, FL, USA*), de dimensões 5.3x5.1x2.2 cm, com a capacidade de medir acelerações no plano vertical e lateral. O *Actigraph® GT1M* é tecnologicamente mais

avançado do que o *Actigraph® 7164*, a geração mais antiga de monitores *Actigraph®* validados (Melanson & Freedson, 1995), particularmente no que se refere à calibração, detecção do sinal, memória, inicialização e processamento dos dados.

Este acelerómetro foi colocado ao nível da crista ilíaca direita, no cruzamento com a linha axilar, utilizando um cinto elástico como modo de suporte (Ainsworth *et al.*, 2000).

Foram selecionados 7 diferentes valores de corte para definição das categorias moderada e vigorosa (Brage *et al.*, 2003; Freedson *et al.*, 1998; Hendelman *et al.*, 2000; Leenders *et al.*, 2003; Swartz *et al.*, 2000; Troiano *et al.*, 2008; Yngve *et al.*, 2003) sendo que os valores publicados por Troiano e col. (2008) foram calculados através de uma média ponderada dos critérios determinados por quatro estudos que definiram os seus limiares de intensidade com base na avaliação de atividades dinâmicas, como a corrida em passadeira ou a marcha no terreno (Brage *et al.*, 2003; Freedson *et al.*, 1998; Leenders *et al.*, 2003; Yngve *et al.*, 2003).

O acelerómetro da *Actigraph* foi inicializado com *epochs* de 60 segundos (Trost *et al.*, 2005) e sincronizado com um relógio digital, de modo a iniciar a recolha de dados simultaneamente com o método combinado. Foi pedido aos participantes que utilizassem o acelerómetro durante todo o dia, exceto quando fossem dormir, tomar banho ou realizar qualquer atividade aquática. Contudo, tal como já foi referido anteriormente, nenhum dos participantes realizou atividades aquáticas durante o período de avaliação.

Tabela 3. Valores de corte utilizados no presente estudo.

Referências	Valores de corte (impulsos/min)	
	Intensidade Moderada	Intensidade Vigorosa
Freedson e col. (1998)	1952 – 5724	≥ 5725
Yngve e col. (2003)	2743 – 6402	≥ 6403
Brage e col. (2003)	1810 – 5849	≥ 5850
Hendelman e col. (2000)	2191 – 6892	≥ 6893
Swartz e col. (2000)	574 – 4944	≥ 4945
Leenders e col. (2003)	1267 – 6251	≥ 6252
Troiano e col. (2008)	2020 – 5998	≥ 5999

Intensidade moderada (3.0 – 5.9 METs) e Intensidade vigorosa (≥ 6.0 METs).

Análise de dados - Actigraph

Para introdução dos valores de corte acima referidos foi utilizado o programa MAHUFFe (versão 1.9.0.3). Também neste programa foi determinado o período de interrupção de utilização do instrumento seguindo os critérios definidos por Troiano e col. (2008). De acordo com estes autores, o período em que o acelerómetro não está a ser utilizado pela pessoa é definido por um mínimo de 60 min consecutivos de zero impulsos/min.

Para o conjunto de dados ser válido o monitor deveria ser utilizado pelo menos 600 min/dia (Troiano *et al.*, 2008).

Adicionalmente, 7 dias válidos de registo (incluindo pelo menos um dia de fim-de-semana), foram definidos como critério para que os dados dos participantes fossem considerados para análise (Trost *et al.*, 2005).

Para calcular a média do tempo despendido pelos participantes em atividades de intensidade moderada, vigorosa e moderada e vigorosa, foi utilizado o programa Microsoft EXCEL™.

2.2.3. Avaliação da Composição Corporal

Os participantes foram pesados de roupa interior e sem calçado, numa balança acoplada ao pletismógrafo (*BOD POD®*, Life Measurement Instruments, Concord, CA, USA), com aproximação ao valor 0,01kg. A altura foi medida com um estadiómetro (*SECA*, Hamburg, Germany) com aproximação aos 0.01 cm. O IMC foi calculado pela seguinte fórmula: $\text{Peso (kg)} / \text{Altura}^2 (\text{m}^2)$.

A Absorciometria Radiológica de Dupla Energia (DXA) foi usada para a avaliação da composição corporal (*Hologic Explorer W*, software *QDR for windows* versão 12.4, Waltham, USA) pela medição da atenuação dos raios-X emitidos com frequências entre 70 e 140kV sincronizados com a frequência de linha para cada pixel da imagem recolhida pelo *scan*.

Após 12 horas de jejum, procedeu-se a uma avaliação da massa gorda (MG) e da massa isenta de gordura (MIG) de cada participante, utilizando o sistema de avaliação do corpo inteiro.

Antes do teste, foi realizada uma calibração do aparelho de acordo com as recomendações do fabricante. Os mesmos técnicos posicionaram o participante e realizaram o *scan* e a análise dos resultados, de acordo com o protocolo *standard* de análise para o exame de corpo inteiro. Baseado no teste-reteste de 10 indivíduos, o

coeficiente de variação (CV) no laboratório é de 2.9% para a MG e de 1.7% para a MIG (Silva *et al.*, 2004).

2.3. Análise estatística

Os dados recolhidos foram analisados através do programa estatístico PASW® Statistics for Windows versão 19.0, 2010 (SPSS Inc., an IBM Company, Chicago IL, USA). Em todos os testes, o nível de significância considerado foi de $p < 0,05$.

Relativamente à estatística descritiva da amostra, foram calculados os valores médios e os respetivos desvios-padrão. Para avaliar o desempenho dos diferentes modelos para estimar o tempo despendido pelos participantes em intensidade moderada, vigorosa e moderada e vigorosa, foram utilizados testes-T emparelhados de modo a comparar os valores médios das várias categorias de intensidade, obtidos pelos modelos de acelerometria (variável independente) e pelo método de referência (variável dependente). Adicionalmente, foram desenvolvidos modelos de regressão linear para estimar o desempenho dos métodos alternativos relativamente ao método de referência. Através destes modelos foram analisados os coeficientes de correlação de *Pearson* (R), os coeficientes de determinação (R^2) e o erro padrão de estimação (EPE). O objetivo da determinação destes coeficientes foi verificar a existência ou não de uma associação entre os diferentes pares de variáveis (R), e perceber qual a proporção de variação de uma variável que pode ser explicada por outra (R^2). O EPE foi calculado como uma medida de validação de forma a avaliar o poder da associação entre os dois métodos. Foi ainda examinado se as retas de regressão diferiam da linha de identidade, ou seja, se o declive diferia do valor 1 e a interceção do valor 0 (valores respetivamente fora do intervalo de confiança a 95%).

Para além disso, foi analisado o coeficiente de correlação de concordância (CCC). Esta medida permite avaliar o nível a partir do qual os pares de observação se enquadram na linha de identidade (estabelecida a 45° a partir da linha de origem). Esta técnica contém uma medição da precisão e da validade entre os dois métodos (Lin, 1989).

A concordância entre os métodos foi também avaliada através da representação gráfica de Bland-Altman (Bland, & Altman, 1986) pela apresentação dos limites de concordância, incluindo a análise de associação entre a diferença e a média dos métodos, através do coeficiente de correlação de *Pearson*. Para além disso, foram calculadas correlações entre a diferença dos métodos e variáveis da composição corporal, nomeadamente a MG e a MIG.

3. Resultados

Na tabela 4 são apresentadas as características descritivas da amostra, bem como o número de dias considerados válidos em que os participantes utilizaram ambos os monitores. Recorde-se que das 30 pessoas que iniciaram o estudo, somente 21 foram incluídas para análise. Das 9 pessoas excluídas, 5 não obtiveram registo devido ao mau funcionamento do método combinado. Os restantes 4 participantes continham interferências ou perda de dados provocada por mau contacto da banda ou por falta de bateria deste monitor.

Tabela 4. Características descritivas da amostra (n = 21) e número de dias válidos do estudo.

	Média ± DP	Amplitude
Idade (anos)	25.4 ± 5.3	20 – 39
Peso (kg)	71.8 ± 9.7	51.8 – 90.2
Altura (cm)	175.6 ± 7.0	164 – 187
IMC (kg.m⁻²)	23.2 ± 2.8	18.9 – 29.7
MG (%)	16.3 ± 4.5	10 – 26.4
MG (kg)	11.9 ± 4.6	5.1 – 23.3
MIG (kg)	59.1 ± 6.6	46.2 – 70.1
Nº dias válidos	8.7 ± 0.5	7 – 9

Abreviaturas: Média ± Desvio Padrão; IMC, índice de massa corporal; MG, massa gorda; MIG, massa isenta de gordura.

Os valores médios referentes ao tempo despendido pelos indivíduos em intensidade moderada, vigorosa e moderada e vigorosa, obtidos pelo método combinado e pelos diferentes modelos da acelerometria durante os 9 dias de avaliação, são apresentados na tabela 5.

Intensidade Moderada

Foi verificada uma subestimação considerável dos valores médios do tempo despendido em intensidade moderada obtidos modelos da *Actigraph* ($p < 0.001$), com exceção do valor médio estimado pelo modelo de Swartz ($p = 0.279$), relativamente ao método combinado. Este modelo foi o que apresentou o valor médio mais próximo do método de referência (99 ± 29 min/dia). O modelo que apresentou maior subestimação foi o de Yngve (-63 ± 38 min/dia), seguido de Hendelman (-52 ± 35 min/dia), Freedson e Troiano (-50 ± 35 min/dia), Brage (-46 ± 35 min/dia) e Leenders (-28 ± 31 min/dia).

Intensidade Vigorosa

Relativamente ao tempo despendido em intensidade vigorosa, foram verificadas diferenças significativas entre os valores médios obtidos pelo método combinado e por todos os modelos de acelerometria ($p < 0.01$). Todos os modelos tendem, em média, a subestimar o tempo despendido em atividades vigorosas quando comparados com o método de referência. O modelo que apresentou maior subestimação foi o modelo de Hendelman (-14 ± 12 min/dia), seguido de Yngve e Leenders (-13 ± 11 min/dia), Troiano (-12 ± 11 min/dia), Freedson e Brage (-11 ± 11 min/dia) e, por fim, o modelo de Swartz que apresentou o valor mais próximo do método de referência, ainda que significativamente diferente (-7 ± 12 min/dia).

Intensidade Moderada e vigorosa

Por último, agrupadas as categorias de intensidade moderada e vigorosa, os resultados mostraram que, tal como na categoria de intensidade moderada, foram observadas diferenças significativas entre os valores médios estimados por todos os modelos de acelerometria e os obtidos pelo método combinado ($p < 0.001$), à exceção do valor médio estimado pelo modelo de Swartz ($p = 0.991$). Este modelo apresentou o mesmo valor que o método de referência para o tempo despendido em intensidade moderada e vigorosa (110 ± 33 min/dia). Os restantes modelos tendem, em média, a subestimar significativamente o tempo despendido nestas intensidades quando comparados com o método combinado. O modelo que apresentou maior subestimação foi o de Yngve (-63 ± 47 min/dia), seguido de Hendelman (-52 ± 44 min/dia), Freedson e Troiano (-50 ± 43 min/dia), Brage (-46 ± 42 min/dia) e Leenders (-28 ± 40 min/dia).

Tabela 5. Valores médios do tempo despendido em intensidade moderada, vigorosa e moderada e vigorosa, medidos pelo método combinado (*Actiheart*) e estimados através dos diferentes modelos de acelerometria (*Actigraph*).

Tempo despendido (min/dia)	Intensidade Moderada		Intensidade Vigorosa		Intensidade Moderada e vigorosa	
	Média ± DP	Amplitude	Média ± DP	Amplitude	Média ± DP	Amplitude
<i>Actiheart</i>	92 ± 47	21 – 206	18 ± 14	1 – 41	110 ± 57	21 – 242
Freedson e col. (1998)	42 ± 17 **	18 – 86	7 ± 5 **	1 – 18	49 ± 19 **	21 – 99
Yngve e col. (2003)	29 ± 14 **	10 – 63	5 ± 4 **	0 – 16	34 ± 15 **	13 – 70
Brage e col. (2003)	46 ± 18 **	21 – 93	7 ± 5 **	1 – 17	53 ± 20 **	24 – 105
Hendelman e col. (2000)	40 ± 17 **	16 – 82	4 ± 4 **	0 – 15	44 ± 18 **	18 – 88
Swartz e col. (2000)	99 ± 29	56 – 161	11 ± 8 *	1 – 29	110 ± 33	60 – 183
Leenders e col. (2003)	64 ± 22 *	32 – 122	5 ± 5 **	1 – 16	69 ± 24 **	35 – 130
Troiano e col. (2008)	42 ± 17 **	17 – 86	6 ± 5 **	1 – 17	48 ± 19 **	20 – 96

Abreviaturas: Média ± Desvio Padrão; min/dia = minutos/dia.

Comparação entre o tempo despendido pelos participantes em atividades de intensidade moderada, vigorosa e moderada e vigorosa, estimado através dos modelos de Freedson, Yngve, Brage, Hendelman, Swartz, Leenders e Troiano, tendo como referência o método combinado; n = 21.

* Diferenças significativas relativamente ao método combinado ($p < 0.01$).

** Diferenças significativas relativamente ao método combinado ($p < 0.001$).

Regressões

Intensidade Moderada

A tabela 6 é referente ao desempenho dos modelos de acelerometria relativamente ao método de referência para a categoria de intensidade moderada. As regressões desenvolvidas por Swartz e Leenders foram as que apresentaram os coeficientes de determinação mais elevados ($R^2 = 0.63$ e $R^2 = 0.64$, respetivamente), o que indica que os valores de corte propostos por estes autores na estimação do tempo despendido em intensidade moderada explicaram 63% e 64% da variabilidade dos valores obtidos pelo método de referência. Quanto ao EPE, valores de 29.1 min/dia e 28.7 min/dia foram observados para o modelo de Swartz e Leenders, respetivamente.

No modelo de Freedson, Brage e Troiano, os valores do coeficiente de determinação foram idênticos, $R^2 = 0.56$. O EPE foi semelhante para estes três modelos, com valores de 31.6 min/dia (Freedson), 31.5 min/dia (Brage) e 31.8 min/dia (Troiano).

O modelo de Hendelman apresentou um coeficiente de determinação ligeiramente inferior aos 3 modelos anteriormente referidos, com um valor de $R^2 = 0.54$. O seu EPE foi de 32.5 min/dia.

Finalmente, a regressão desenvolvida por Yngve foi a que obteve o EPE mais elevado de todos os modelos (36.4 min/dia), tendo os valores de corte propostos por este autor explicado somente 42% da variabilidade total do tempo despendido em intensidade moderada obtido pelo método combinado.

Tabela 6. Desempenho dos diferentes modelos, a nível de grupo, para a categoria de intensidade moderada: Freedson, Yngve, Brage, Hendelman, Swartz, Leenders e Troiano; utilizando como referência o método combinado.

	Regressão entre os métodos				
	R	R ²	Declive	Interceção	EPE
Freedson e col. (1998)	0.75 (p<0.001)	0.56	2.41 ^a	1.5	31.6
Yngve e col. (2003)	0.65 (p<0.001)	0.42	2.19	28.6	36.4
Brage e col. (2003)	0.75 (p<0.001)	0.56	0.86 ^a	0.1	31.5
Hendelman e col. (2000)	0.73 (p<0.001)	0.54	1.98 ^a	12.5	32.5
Swartz e col. (2000)	0.80 (p<0.001)	0.63	1.29	-36.2	29.1
Leenders e col. (2003)	0.80 (p<0.001)	0.64	1.67 ^a	-14.3	28.7
Troiano e col. (2008)	0.75 (p<0.001)	0.56	2.08 ^a	5.40	31.8

CrITÉRIOS de desempenho: Comparação da média dos métodos, declive, interceção, coeficiente de correlação (R), coeficiente de determinação (R²); erro padrão de estimação (EPE).

^a Declive difere de 1, p<0.05.

Intensidade Vigorosa

O desempenho dos modelos de acelerometria face ao método combinado para a categoria de intensidade vigorosa encontra-se presente na tabela 7. Para este nível de intensidade, as regressões que apresentaram maior coeficiente de determinação foram as de Leenders e Troiano, tendo os valores de corte propostos por estes autores explicado 36% da variabilidade total do tempo despendido em intensidade vigorosa obtido pelo método de referência. Os valores do EPE foram bastante próximos, sendo de 11.2 min/dia e 11.1 min/dia, respetivamente.

Coeficientes de determinação ligeiramente inferiores foram observados as regressões desenvolvidas por Freedson e Brage, apresentando valores idênticos para as duas regressões (R² = 0.34). O EPE foi de 11.8 min/dia e 11.3 min/dia para o modelo de Freedson e Brage, respetivamente.

No modelo de Yngve o valor do coeficiente de determinação foi de R² = 0.30, com um EPE de 11.6 min/dia.

Quanto à regressão desenvolvida por Hendelman, de referir que os valores de corte propostos por este autor explicaram 29% da variabilidade dos valores obtidos pelo método de referência. O seu EPE foi de 11.8 min/dia.

Por último, a regressão de Swartz apresentou o coeficiente de determinação mais baixo de todos os modelos ($R^2 = 0.25$). Quanto ao EPE, este apresentou um valor de 12.1 min/dia.

Tabela 7. Desempenho dos diferentes modelos, a nível de grupo, para a categoria de intensidade vigorosa: Freedson, Yngve, Brage, Hendelman, Swartz, Leenders e Troiano; utilizando como referência o método combinado.

	Regressão entre os métodos				
	R	R^2	Declive	Interceção	EPE
Freedson e col. (1998)	0.58 (p<0.01)	0.34	1.43	7.8	11.8
Yngve e col. (2003)	0.55 (p<0.01)	0.30	1.68	9.3 ^a	11.6
Brage e col. (2003)	0.58 (p<0.01)	0.34	1.55	7.5	11.3
Hendelman e col. (2000)	0.53 (p<0.01)	0.29	1.80	1.3 ^a	11.8
Swartz e col. (2000)	0.50 (p<0.05)	0.25	0.85	8.9	12.1
Leenders e col. (2003)	0.60 (p<0.01)	0.36	1.83	7.7	11.2
Troiano e col. (2008)	0.60 (p<0.01)	0.36	1.68	7.5	11.1

Critérios de desempenho: Comparação da média dos métodos, declive, interceção, coeficiente de correlação (R), coeficiente de determinação (R^2); erro padrão de estimação (EPE).

^a interceção difere de 0, p<0.05.

Intensidade Moderada e vigorosa

Na tabela 8 pode ser observado o desempenho dos vários modelos de acelerometria relativamente ao método de referência, quando agrupadas as categorias de intensidade moderada e vigorosa. À semelhança do que ocorreu no tempo despendido em intensidade moderada, as regressões de Swartz e Leenders foram as que apresentaram os coeficientes de determinação mais elevados, com valores de $R^2 = 0.63$ e $R^2 = 0.62$, respetivamente. Quanto ao EPE este teve valores de 35.6 min/dia (Swartz) e 35.7 min/dia (Leenders).

Os modelos de Freedson, Brage e Troiano explicaram 58% da variabilidade dos valores obtidos pelo método de referência. Os valores de EPE foram semelhantes, com valores 37.5 min/dia, 37.3 min/dia e 37.8 min/dia, respetivamente.

Quanto ao modelo de Hendelman, o valor do coeficiente de determinação foi de $R^2 = 0.56$. O seu EPE apresentou um valor de 38.5 min/dia.

Finalmente, a regressão desenvolvida por Yngve foi a que apresentou o coeficiente de determinação mais baixo, tendo os valores de corte propostos por este autor explicado somente 48% da variabilidade dos valores obtidos pelo método de referência. O seu EPE foi de 42.0 min/dia.

Tabela 8. Desempenho dos diferentes modelos, a nível de grupo, para a categoria de intensidade moderada e vigorosa: Freedson, Yngve, Brage, Hendelman, Swartz, Leenders e Troiano; utilizando como referência o método combinado.

	Regressão entre os métodos				
	R	R ²	Declive	Interceção	EPE
Freedson e col. (1998)	0.76 (p<0.001)	0.58	2.26 ^a	-1.2	37.5
Yngve e col. (2003)	0.69 (p<0.001)	0.48	2.61 ^a	21.0	42.0
Brage e col. (2003)	0.76 (p<0.001)	0.58	2.17 ^a	-4.0	37.3
Hendelman e col. (2000)	0.75 (p<0.001)	0.56	2.35 ^a	5.5	38.5
Swartz e col. (2000)	0.79 (p<0.001)	0.63	1.37	-40.5	35.6
Leenders e col. (2003)	0.79 (p<0.001)	0.62	1.87 ^a	-19.9	35.7
Troiano e col. (2008)	0.76 (p<0.001)	0.58	2.30 ^a	0.1	37.8

Critérios de desempenho: Comparação da média dos métodos, declive, interceção, coeficiente de correlação (R), coeficiente de determinação (R²); erro padrão de estimação (EPE).

^a Declive difere de 1, p<0.05.

A concordância dos modelos de acelerometria relativamente ao método de referência é apresentada de seguida através do método de Bland-Altman (Bland, & Altman, 1986) e pela análise do CCC.

Intensidade Moderada

Elevados limites de concordância estabelecidos a um intervalo de 95% de confiança foram observados para os modelos de: Freedson (20.7; -120.6), Yngve (13.5; -139.9), Brage (23.2; -115.3), Hendelman (18.5; -122.5), Swartz (65.2; -50.8), Leenders (33.9; -90.5) e Troiano (19.9; -120.9).

A análise dos gráficos Bland-Altman indica que existiu uma associação negativa entre as diferenças e as médias dos métodos, ou seja, os modelos tendem a subestimar os valores de referência nos participantes que apresentam um maior

período de tempo despendido nesta intensidade: Freedson ($r = -0.885$; $p < 0.001$); Yngve ($r = -0.896$; $p < 0.001$); Brage ($r = -0.865$; $p < 0.001$); Hendelman ($r = -0.864$; $p < 0.001$); Swartz ($r = -0.640$; $p = 0.002$); Leenders ($r = -0.800$; $p < 0.001$) e Troiano ($r = -0.877$; $p < 0.001$).

Os CCC apresentaram valores abaixo do limiar geralmente aceite ($R_c > 0.75$). O modelo que exibiu o valor mais baixo foi o modelo de Yngve ($R_c = 0.13$), seguido de Hendelman ($R_c = 0.22$), Freedson e Troiano ($R_c = 0.23$), Brage ($R_c = 0.27$), Leenders ($R_c = 0.48$) e, por fim, o modelo de Swartz que apresentou o valor mais próximo desse limiar ($R_c = 0.70$).

Intensidade Vigorosa

Para a categoria de intensidade vigorosa, os limites de concordância apresentados pelos modelos de acelerometria foram os seguintes: Freedson (11.4; -33.0), Yngve (10.3; -35.7), Brage (11.2; -33.5), Hendelman (9.7; -37.1), Swartz (16.0; -30.4), Leenders (10.3; -34.8) e Troiano (10.6; -33.9).

Também nesta categoria se verificou uma associação negativa entre a diferença e a média dos métodos, subestimando os valores de referência nas pessoas que apresentam um maior período de tempo despendido na prática de atividades de elevada intensidade: Freedson ($r = -0.786$; $p < 0.001$); Yngve ($r = -0.852$; $p < 0.001$); Brage ($r = -0.814$; $p < 0.001$); Hendelman ($r = -0.877$; $p < 0.001$); Swartz ($r = -0.542$; $p = 0.011$); Leenders ($r = -0.863$; $p < 0.001$) e Troiano ($r = -0.836$; $p < 0.001$).

Os CCC exibiram valores baixos e semelhantes. O modelo de Hendelman foi o que registou o valor mais baixo ($R_c = 0.15$), seguido de Yngve ($R_c = 0.18$), Leenders ($R_c = 0.20$), Troiano ($R_c = 0.23$), Brage ($R_c = 0.24$), Freedson ($R_c = 0.26$) e, finalmente, o modelo de Swartz que apresentou novamente o valor mais elevado, embora distante do limiar de concordância aceitável ($R_c = 0.36$).

Intensidade Moderada e vigorosa

Na figura 1 estão ilustrados os gráficos Bland-Altman que indicam a concordância entre o tempo despendido em atividades de intensidade moderada e vigorosa estimado pelos modelos de acelerometria e o determinado pelo método de referência.

Os limites de concordância são elevados para todos os modelos, com valores que variam entre: Freedson (25.0; -147.0), Yngve (17.2; -169.3), Brage (27.3; -142.3), Hendelman (22.1; -153.6), Swartz (71.9; -72.1), Leenders (38.7; -120.4) e Troiano (24.2; -149.2).

Foi novamente observada uma associação negativa entre a diferença e a média dos métodos, pelo que os modelos de acelerometria tendem a subestimar os valores de referência nos participantes mais fisicamente ativos: Freedson ($r = -0.898$; $p < 0.001$); Yngve ($r = -0.925$; $p < 0.001$); Brage ($r = -0.888$; $p < 0.001$); Hendelman ($r = -0.905$; $p < 0.001$); Swartz ($r = -0.686$; $p = 0.001$); Leenders ($r = -0.846$; $p < 0.001$) e Troiano ($r = -0.860$; $p < 0.001$).

Tal como nas categorias anteriores, os CCC apresentaram valores inferiores ao limiar para uma concordância aceitável, sendo que o modelo que registou o valor mais baixo foi o modelo de Yngve ($R_c = 0.12$), seguido de Hendelman ($R_c = 0.19$), Troiano ($R_c = 0.21$), Freedson ($R_c = 0.22$), Brage ($R_c = 0.25$), Leenders ($R_c = 0.39$) e, por fim, o modelo de Swartz que exibiu, mais uma vez, o valor mais elevado de todos os modelos ($R_c = 0.69$).

A análise de uma potencial associação entre as diferenças dos métodos e a composição corporal, nomeadamente a MG e MIG, indicou que as diferenças entre os métodos não estão relacionadas com estas variáveis ($p > 0.05$). Assim, estes dados sugerem que as diferenças observadas não dependem da magnitude dos valores de MG e MIG dos participantes.

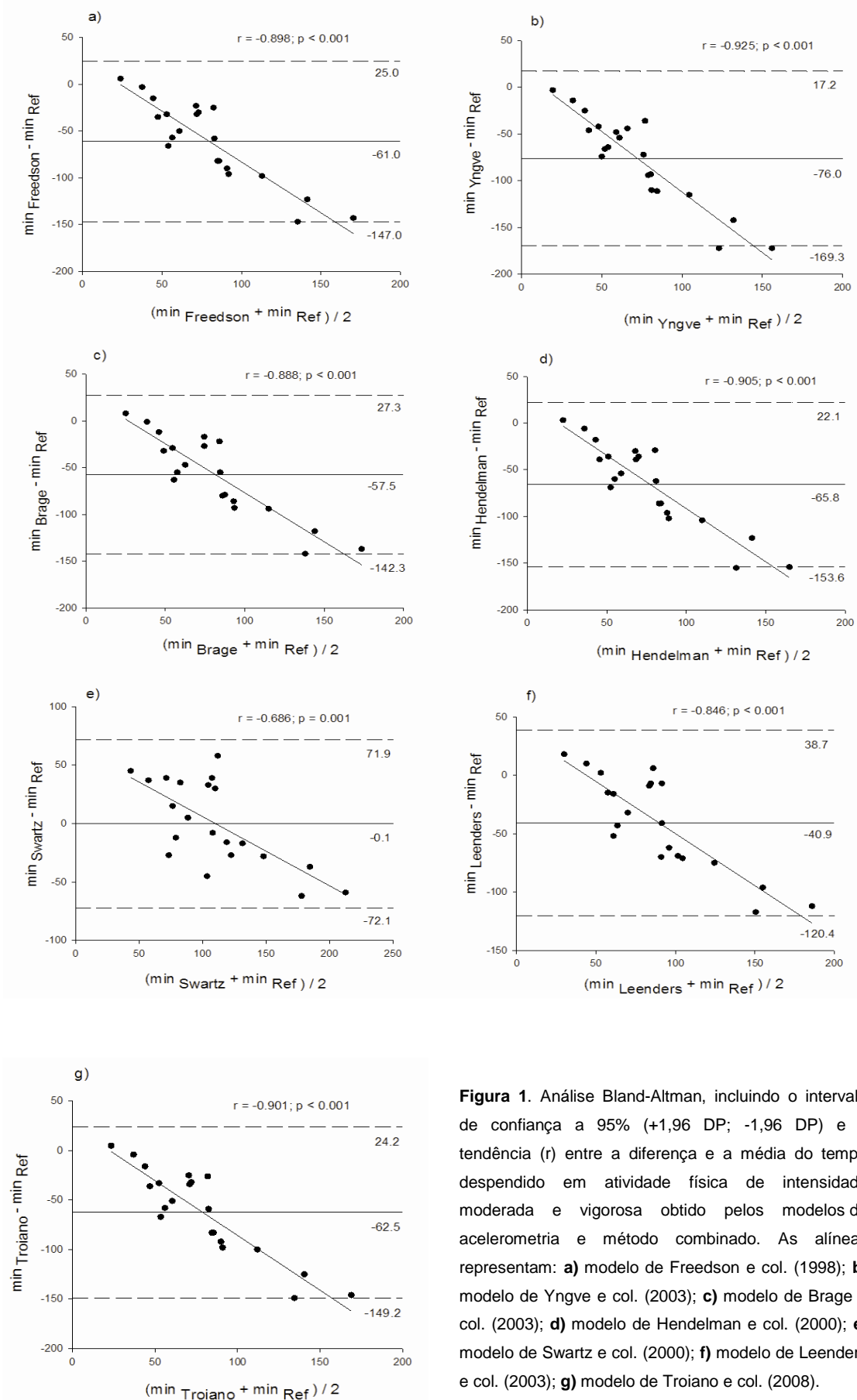


Figura 1. Análise Bland-Altman, incluindo o intervalo de confiança a 95% (+1,96 DP; -1,96 DP) e a tendência (r) entre a diferença e a média do tempo despendido em atividade física de intensidade moderada e vigorosa obtido pelos modelos de acelerometria e método combinado. As alíneas representam: **a)** modelo de Freedson e col. (1998); **b)** modelo de Yngve e col. (2003); **c)** modelo de Brage e col. (2003); **d)** modelo de Hendelman e col. (2000); **e)** modelo de Swartz e col. (2000); **f)** modelo de Leenders e col. (2003); **g)** modelo de Troiano e col. (2008).

4. Discussão

A existência de diversos valores de corte para a avaliação da intensidade da AF, publicados para a população adulta, tem dificultado o trabalho dos investigadores que pretendem quantificar a AF habitual. De modo a contribuir para um consenso relativamente à aplicação dos valores de corte mais adequados para a população adulta, o estudo realizado teve como objetivo comparar o tempo despendido em intensidade moderada, vigorosa e moderada e vigorosa, obtido através de diferentes valores de corte definidos com base na acelerometria, tendo como referência o método combinado de acelerometria com monitorização da FC. Mais precisamente, foram avaliados os modelos de Freedson e col. (1998), Yngve e col. (2003), Brage e col. (2003), Hendelman e col. (2000), Swartz e col. (2000), Leenders e col. (2003) e Troiano e col. (2008). Recorde-se que todos estes modelos foram desenvolvidos com base em acelerómetros da *Actigraph*, que representam os monitores mais amplamente utilizados em estudos de avaliação da AF.

Os resultados deste estudo indicaram que, à exceção do modelo de Swartz e col. (2000), todos os restantes modelos revelaram fraca validade na estimação do tempo despendido em intensidade moderada, vigorosa e moderada e vigorosa, tendo apresentado diferenças significativas comparativamente com o método de referência em todas as intensidades avaliadas.

Relativamente ao tempo despendido em atividades de intensidade moderada, os resultados deste estudo estão de acordo com os obtidos por Strath e col. (2003), pois em ambos foi verificada uma subestimação significativa do tempo despendido nesta categoria de intensidade. De realçar que apenas os modelos de Freedson, Hendelman e Swartz foram validados em ambos os estudos. Na presente dissertação, os modelos de Freedson e Hendelman subestimaram em 54% e 56%, respetivamente, o tempo despendido em intensidade moderada comparativamente com o método de referência. Estes valores são próximos daqueles que foram observados no estudo de Strath e col. (2003), em que ambos os modelos subestimaram em 60% o tempo despendido em intensidade moderada obtido pelo método de referência (calorimetria indireta). Para o modelo de Swartz, o nosso estudo estende os resultados de Strath e col. (2003) que reportaram não existirem diferenças significativas entre o tempo despendido em intensidade moderada estimado por esse modelo de acelerometria e o determinado pelo método de referência. Os resultados apresentados por este modelo estão também de acordo com os reportados no estudo de Ainsworth e col. (2000), não tendo sido observadas diferenças entre este modelo e o diário de atividade para

estimação do tempo despendido nesta intensidade. Contudo, de salientar que o diário é um instrumento subjetivo, apresentando limitações inerentes no que se refere à validade deste instrumento para avaliação da AF. Quanto ao tempo despendido em atividades de intensidade vigorosa, na presente dissertação foi observada uma subestimação de todos os modelos para o tempo despendido nesta categoria quando comparados com o método de referência, nomeadamente de 61%, 78% e 39% para o modelo de Freedson, Hendelman e Swartz, respetivamente. Estes resultados são bastante diferentes do estudo realizado por Strath e col. (2003), em que não foram verificadas diferenças significativas entre os valores médios estimados pelos modelos de acelerometria (Freedson, Hendelman e Swartz) e os valores médios obtidos por calorimetria indireta. Strath e col. (2003) destacaram o facto dos participantes terem despendido poucos minutos nesta categoria de intensidade durante o período de avaliação, o que pode ter limitado a capacidade dos modelos em avaliarem devidamente o tempo despendido em intensidade vigorosa.

Para o tempo despendido em intensidade moderada e vigorosa, Bernsten e col. (2008) verificaram uma sobrestimação do tempo despendido em atividades desta intensidade por parte do modelo de Freedson (2.5%) comparativamente com o método de referência (calorimetria indireta). Os nossos resultados diferiram consideravelmente de Bernsten e col. (2008), visto que foi observada uma subestimação (55%) do tempo despendido nesta categoria de intensidade, quando comparado com o método combinado. A este propósito importa referir que os monitores de acelerometria não são sensíveis a mudanças de inclinação no plano do deslocamento ou a atividades que envolvam cargas adicionais. Encontram-se igualmente limitados pela posição adotada para a sua colocação (ao nível das cristas ilíacas), tornando-os incapazes de registar movimentos executados na parte superior do tronco, particularmente nos membros superiores. Visto que, neste estudo, a única restrição imposta aos participantes durante o período de avaliação foi relativa à execução de atividades aquáticas, todas as restantes atividades podem ter sido subestimadas pelo acelerómetro.

O nosso estudo permitiu também observar uma elevada associação entre os modelos de acelerometria e o método de referência para o tempo despendido em intensidade moderada. Os modelos de Freedson, Hendelman e Swartz explicaram em 75%, 70% e 80%, respetivamente, a variabilidade dos valores obtidos pelo método combinado. Estes valores são consideravelmente superiores aos obtidos por Strath e col. (2003), em que a variabilidade dos valores obtidos pelo método de referência foi explicada em 8% pelo modelo de Freedson, 5% pelo modelo de Hendelman e 20%

pelo modelo de Swartz, não tendo sido inclusivamente verificada qualquer associação com a calorimetria indireta.

Para o tempo passado em atividades de intensidade vigorosa, o nosso estudo verificou uma moderada associação entre os modelos de acelerometria e o método de referência, tendo os modelos de Freedson, Hendelman e Swartz explicado em 34%, 29% e 25%, respetivamente, a variabilidade dos valores obtidos pelo método combinado. Estes valores são inferiores aos verificados por Strath e col. (2003), tendo os modelos de Freedson, Hendelman e Swartz explicado a variabilidade dos valores obtidos pela calorimetria indireta em 45%, 46% e 55%, respetivamente.

Relativamente à análise de concordância entre métodos, verificou-se no nosso estudo que todos os modelos de acelerometria apresentaram elevados limites de concordância que resultaram de uma elevada variabilidade individual na estimação do tempo despendido em intensidade moderada, vigorosa e moderada e vigorosa. Para o tempo despendido em intensidade moderada, os limites de concordância de Freedson, Hendelman e Swartz variaram entre -121 e 21 min/dia, -122 e 18 min/dia e -51 e 65 min/dia, respetivamente. Estes limites de concordância são superiores aos observados no estudo de Strath e col. (2003), em que os limites de concordância apresentaram valores que variaram entre -80 e 5 min/dia (Freedson), entre -75 e 0 min/dia (Hendelman) e entre -30 e 65 min/dia (Swartz). Contudo, apesar destes limites de concordância serem inferiores aos do nosso estudo, a sua validade individual foi igualmente limitada. Para o tempo despendido em atividades de intensidade moderada e vigorosa, na presente dissertação os limites de concordância de Freedson variaram aproximadamente entre -147 e 25 min/dia, enquanto no estudo de Bernstein e col. (2008) os limites apresentados pelo mesmo modelo variaram entre -81 e 86 min/dia. Apesar das diferenças dos métodos, no nosso estudo, terem diferido consideravelmente do zero quando comparados com os de Bernstein e col. (2008), a amplitude da variabilidade das diferenças é semelhante. Adicionalmente, é observado no nosso estudo uma associação negativa entre a diferença e a média dos métodos em todos os modelos de acelerometria para o tempo despendido em intensidade moderada, vigorosa e moderada e vigorosa, ou seja, os modelos tendem a subestimar os valores de referência nos participantes que apresentam um maior período de tempo despendido nessas categorias de intensidade. A subestimação verificada pelos 3 modelos nas pessoas que despenderam mais tempo em atividades de intensidade moderada e vigorosa estendem os resultados também reportados por Strath e col. (2003). A mesma tendência foi igualmente reportada por Bernstein e col. (2008) relativamente ao modelo de Freedson para o tempo despendido em intensidade moderada e vigorosa.

Na presente dissertação foi pela primeira vez apresentada a análise do CCC que permite avaliar o nível a partir do qual os pares de observação se enquadram na linha de identidade (estabelecida a 45° a partir da linha de origem). Esta técnica contém uma medição da precisão e da validade entre os dois métodos (Lin, 1989). Segundo a literatura, um valor de CCC superior a 0.75 indica uma boa concordância entre os métodos. Considerando a categoria de intensidade moderada e vigorosa, baixos valores de CCC foram obtidos pelo nosso estudo para o modelo de Freedson ($R_c = 0.22$), Yngve ($R_c = 0.12$), Brage ($R_c = 0.25$), Hendelman ($R_c = 0.19$), e Leenders ($R_c = 0.39$) e Troiano ($R_c = 0.21$), o que vem reforçar a ideia da existência de uma fraca concordância entre os valores de corte propostos por estes autores e o método de referência. No entanto, importa realçar que os valores de corte propostos por Swartz apresentaram uma concordância consideravelmente superior à dos restantes modelos ($R_c = 0.7$).

Uma possível explicação para a melhor validade reportada pelo modelo de Swartz relativamente aos restantes modelos pode dever-se ao facto dos valores de corte propostos por este autor terem sido derivados a partir de uma equação de regressão desenvolvida com base em atividades do estilo de vida. Para os restantes valores de corte propostos foram utilizadas equações baseadas em atividades como a corrida e/ou a marcha em contexto laboratorial (passadeira) ou no terreno (pista). Desta forma, o facto dos valores propostos não contemplarem atividades do estilo de vida, pode explicar a menor validade destes modelos. Ainda assim, mesmo considerando uma maior validade dos valores de corte propostos por Swartz, uma correta identificação do nível de AF individual (de acordo com as recomendações de 30 minutos de intensidade pelo menos moderada), ficaria comprometida. Ou seja, a nível individual, o facto de se verificar uma sobrestimação ou subestimação em aproximadamente 70 min/dia (figura 1), pode identificar como sedentária uma pessoa que realiza cerca de 1h/dia de AF de intensidade pelo menos moderada. O mesmo pode ser verificado para a situação inversa, classificando uma pessoa sedentária como fisicamente ativa.

Os principais resultados do nosso estudo apenas estendem-se apenas a uma população masculina jovem, saudável e fisicamente ativa, pelo que mais investigação deve ser conduzida no sentido de validar o tempo despendido em intensidade moderada, vigorosa e moderada e vigorosa, obtido pelos diversos modelos de acelerometria, em populações de diferentes faixas etárias, género, etnia, estado de saúde e nível de AF. De igual modo, os resultados obtidos neste estudo são somente extensíveis a este modelo da *Actigraph*, pelo que os resultados de outros dispositivos podem diferir dos estimados através destes monitores.

Será conveniente referir algumas limitações deste estudo. A calorimetria indireta é considerada uma opção mais válida para ser utilizada como método de referência, em detrimento do método combinado, visto que este sensor utiliza igualmente o registo dos impulsos na medição da AF, não constituindo, portanto, uma medida independente para a validação dos modelos de acelerometria, como seria expectável de um método considerado de referência. Uma outra limitação a referir passa pela diferença do tempo de utilização dos equipamentos (acelerómetro e método combinado). Apesar dos participantes terem utilizado, em média, o acelerómetro da *Actigraph* por um período de tempo superior ao valor estabelecido por Troiano e col. (2008) como representativo da atividade diária da pessoa (> 10h/dia), pode sempre existir alguma discrepância entre as horas que os participantes se encontram acordados e o tempo de uso deste instrumento. Este facto, embora pouco provável, pode levar a uma subestimação do tempo despendido nas categorias de intensidade moderada, vigorosa, e moderada e vigorosa determinado por este monitor.

Contudo, a utilização do método combinado como referência pode igualmente representar um ponto positivo desta investigação, na medida em que permite a avaliação da AF dos participantes durante vários dias, algo que não é possível de ser efetuado através da calorimetria indireta, pelas limitações associadas ao tempo reduzido de aplicação deste instrumento e à sua exequibilidade. Outro ponto forte consiste no facto deste estudo ter sido realizado em condições do estilo de vida, não restringindo os participantes a um contexto laboratorial ou a um conjunto específico de atividades a executar, permitindo uma avaliação mais ecológica da AF habitual.

5. Conclusão

De um modo geral, todos os modelos subestimaram o tempo despendido em AF de intensidade moderada e vigorosa, à exceção dos valores de corte propostos por Swartz. A melhor concordância com o método de referência foi também apresentada pelo modelo de Swartz. No entanto, a elevada variabilidade dos valores observados entre os vários modelos e o método combinado sugere uma limitada validade individual dos valores de corte propostos para estimação do tempo despendido em AF de intensidade moderada e vigorosa.

Face aos principais resultados obtidos na presente dissertação, é recomendada a utilização dos valores de corte definidos por Swartz para a avaliação do tempo despendido em atividades de intensidade moderada e vigorosa para uma população masculina jovem e saudável.

6. Referências

- Ainslie, P., Reilly, T., & Westerterp, K. (2003). Estimating human energy expenditure: a review of techniques with particular reference to doubly labelled water. *Sports medicine*, 33(9), 683-698.
- Ainsworth, B. E., Bassett, D. R., Jr., Strath, S. J., Swartz, A. M., O'Brien, W. L., Thompson, R. W., et al. (2000). Comparison of three methods for measuring the time spent in physical activity. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(9 Suppl), S457-464.
- Ainsworth, B. E., Haskell, W. L., Whitt, M. C., Irwin, M. L., Swartz, A. M., Strath, S. J., et al. (2000). Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(9 Suppl), S498-504.
- American College of Sports Medicine (1975). Guidelines for Graded Exercise Testing and Exercise Prescription. 1st edition Philadelphia (PA), 1–99.
- American College of Sports Medicine (2010). ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 8th ed. Philadelphia (PA), 366.
- Andersen, L. B., Harro, M., Sardinha, L. B., Frogberg, K., Ekelund, U., Brage, S., et al. (2006). Physical activity and clustered cardiovascular risk in children: A cross-sectional study (The European Youth Heart Study). *Lancet*, 368, 299-304.
- Assah, F. K., Ekelund, U., Brage, S., Wright, A., Mbanya, J. C., & Wareham, N. J. (2011). Accuracy and validity of a combined heart rate and motion sensor for the measurement of free-living physical activity energy expenditure in adults in Cameroon. *International journal of epidemiology*, 40(1), 112-120.
- Bartholomew, J. B., Morrison, D., & Ciccolo, J. T. (2005). Effects of acute exercise on mood and well-being in patients with major depressive disorder. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(12), 2032-2037.
- Bassett, D. R., Jr., Ainsworth, B. E., Leggett, S. R., Mathien, C. A., Main, J. A., Hunter, D. C., et al. (1996). Accuracy of five electronic pedometers for measuring distance walked. *Medicine and science in sports and exercise*, 28(8), 1071-1077.
- Bassett, D. R., Jr., Ainsworth, B. E., Swartz, A. M., Strath S. J., O'Brien W. L., & King G. A. (2000) Validity of four motion sensors in measuring moderate intensity physical activity. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(9 Suppl), S471-S480.
- Bassett, D.R., Jr., Mahar, M. T., Rowe, D. A., & Morrow, J. R., Jr. (2008). Walking and measurement. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(7 Suppl), S529-536.
- Bassett, D. R., Jr., Rowlands, A., & Trost, S. G. (2012). Calibration and validation of wearable monitors. *Medicine and science in sports and exercise*, 44(1 Suppl 1), S32-38.
- Bernsten, S., Hageberg, R., Aandstad, A., Mowinkel, P., Anderssen, S. A., Carlsen K., & Andersen L. B. (2008) Validity of physical activity monitors in adults participating in free-living activities. *British journal of sports medicine*, 44:657-664.

- Bland, J.M., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1(8476): 307-10.
- Bonomi, A. G., Goris, A. H., Yin, B., & Westerterp, K. R. (2009). Detection of type, duration, and intensity of physical activity using an accelerometer. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(9), 1770-1777.
- Brage, S., Brage, N., Ekelund, U., Luan, J., Franks, P. W., Froberg, K., et al. (2006). Effect of combined movement and heart rate monitor placement on physical activity estimates during treadmill locomotion and free-living. *European journal of applied physiology*, 96(5), 517-524.
- Brage, S., Brage, N., Franks, P. W., Ekelund, U., & Wareham, N. J. (2005). Reliability and validity of the combined heart rate and movement sensor *Actiheart*. *European journal of clinical nutrition*, 59(4), 561-570.
- Brage, S., Brage, N., Franks, P. W., Ekelund, U., Wong, M. Y., Andersen, L. B., et al. (2004). Branched equation modeling of simultaneous accelerometry and heart rate monitoring improves estimate of directly measured physical activity energy expenditure. *Journal of applied physiology*, 96(1), 343-351.
- Brage, S., Brage, N., Wedderkopp, N., & Froberg, K. (2003). Reliability and validity of the computer science and applications accelerometer in a mechanical setting. *Measurement in physical activity and exercise*, 72:101-119.
- Brage, S., Brage, N., Hennings, M. A., Froberg, K., Franks, P. W., et al. (2007). Hierarchy of individual calibration levels for heart rate and accelerometry to measure physical activity. *Journal of applied physiology*, 103(2), 682-692.
- Brage, S., Wedderkopp, N., Franks, P. W., Andersen, L. B., & Froberg, K. (2003). Reexamination of validity and reliability of the CSA monitor in walking and running. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(8), 1447-1454.
- Bratteby, L. E., Sandhagen, B., Fan, H., & Samuelson, G. (1997). A 7-day activity diary for assessment of daily energy expenditure validated by the doubly labelled water method in adolescents. *European journal of clinical nutrition*, 51(9), 585-591.
- Butte, N. F., Ekelund U., & Westerterp. K. R. (2012). Assessing Physical Activity Using Wearable Monitors: Measures of Physical Activity. *Medicine and science of sports and exercise*, 44(1 Suppl), S5–S12
- Byberg, L., Melhus, H., Gedeberg, R., Sundstrom, J., Ahlbom, A., Zethelius, B., et al. (2009). Total mortality after changes in leisure time physical activity in 50 year old men: 35 year follow-up of population based cohort. *British journal of sports medicine*, 43(7), 482.
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public health reports*, 100(2), 126-131.
- Cattellier, D. J., P. J. Hannan, D. M. Murray, C. L. Addy, T. L. Conway, S. Yang, and J. C. Rice. (2005) Imputation of missing data when measuring physical activity by accelerometry. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(11 Suppl), S555-S526.

- Ceesay S.M., Prentice A.M., Day K.C., Murgatroyd P.R., Goldberg G.R., Scott W., et al. (1989) The use of heart-rate monitoring in the estimation of energy-expenditure-a validation-study using indirect whole-body calorimetry. *British journal of nutrition*; 61:175–186.
- Chen, K. Y., & Bassett, D. R., Jr. (2005). The technology of accelerometry-based activity monitors: current and future. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(11 Suppl), S490-500.
- Cleland, V., Crawford, D., Baur, L. A., Hume, C., Timperio, A., & Salmon, J. (2008). A prospective examination of children's time spent outdoors, objectively measured physical activity and overweight. *International journal of obesity*, 32(11), 1685-1693.
- Conn, V. S., Hafdahl, A. R., & Brown, L. M. (2009). Meta-analysis of quality-of-life outcomes from physical activity interventions. *Nursing research*, 58(3), 175-183.
- Corder, K., Brage, S., & Ekelund, U. (2007). Accelerometers and pedometers: methodology and clinical application. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care*, 10(5), 597-603.
- Craig, C. L., Marshall, A. L., Sjoström, M., Bauman, A. E., Booth, M. L., Ainsworth, B. E., et al. (2003). International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(8), 1381-1395.
- Crouter, S. E., Churilla, J. R., & Bassett, D. R., Jr. (2008). Accuracy of the Actiheart for the assessment of energy expenditure in adults. *European journal of clinical nutrition*, 62(6), 704-711.
- Crouter, S. E., Clowers K. G., and Bassett D. R., Jr. (2006). A novel method for using accelerometer data to predict energy expenditure. *Journal of applied physiology*, 100(4):1324-31.
- Crouter, S. E., Kuffel, E., Haas, J. D., Frongillo, E. A., & Bassett, D. R., Jr. (2010). Refined two-regression model for the ActiGraph accelerometer. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(5), 1029-1037.
- Ekelund, U., Yngve, A., & Sjoström, M. (1999). Total daily energy expenditure and patterns of physical activity in adolescents assessed by two different methods. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 9(5), 257-264.
- Freedson, P. S., Melanson, E., & Sirard, J. (1998). Calibration of the Computer Science and Applications, Inc. accelerometer. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(5), 777-781.
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., et al. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(7), 1334-1359.
- Gillison, F. B., Skevington, S. M., Sato, A., Standage, M., & Evangelidou, S. (2009). The effects of exercise interventions on quality of life in clinical and healthy populations; a meta-analysis. *Social science & medicine*, 68(9), 1700-1710.

- Haskell, W. L., Lee, I. M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., et al. (2007). Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(8), 1423-1434.
- Hendelman, D., Miller, K., Baggett, C., Debold, E., & Freedson, P. (2000). Validity of accelerometry for the assessment of moderate intensity physical activity in the field. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(9 Suppl), S442-449.
- Howley, E. T. (2001). Type of activity: resistance, aerobic and leisure versus occupational physical activity. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(6 Suppl), S364-369; discussion S419-320.
- Hu, F. B., Li, T. Y., Colditz, G. A., Willett, W. C., & Manson, J. E. (2003). Television watching and other sedentary behaviors in relation to risk of obesity and type 2 diabetes mellitus in women. *JAMA : the journal of the American Medical Association*, 289(14), 1785-1791.
- Jago, R., Zakeri, I., Baranowski, T., & Watson, K. (2007). Decision boundaries and receiver operating characteristic curves: new methods for determining accelerometer cutpoints. *Journal of sports sciences*, 25(8), 937-944.
- Jequier E. (1985). Direct and indirect calorimetry. *Substrate and energy metabolism*, 82-91.
- Júdice, P. B., Magalhães, J. P., Santos, D. A., Matias, C. N., Carita A. I., Armada-Da-Silva, P. A, Sardinha, L. B, & Silva, A. M. [In press]. A moderate dose of caffeine ingestion does not change energy expenditure but decreases sleep time in physically active males. A double-blind randomized controlled trial. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*.
- Katzmarzky, P.T., Church, T.S., Cora, C., Craig, L. & Bouchard, C. (2008). Sitting Time and Mortality from All Causes, Cardiovascular Disease, and Cancer. *American college of sports medicine*, 1000-1004.
- Kavanagh, J. J., & Menz, H. B. (2008). Accelerometry: a technique for quantifying movement patterns during walking. *Gait & posture*, 28(1), 1-15.
- Keytel, L. R., Goedecke, J. H., Noakes, T. D., Hiiloskorpi, H., Laukkanen, R., van der Merwe, L., et al. (2005). Prediction of energy expenditure from heart rate monitoring during submaximal exercise. *Journal of sports sciences*, 23(3), 289-297.
- Leenders, N.Y., Nelson T.E., & Sherman W.M. (2003). Ability of different physical activity monitors to detect movement during treadmill walking. *International journal of sports and medicine*, 24(1): 43-50.
- Leenders, N. Y., Sherman, W. M., & Nagaraja, H. N. (2006). Energy expenditure estimated by accelerometry and doubly labeled water: Do they agree? *Medicine and science in sports and exercise*, 38 (12); 2165-2172.
- Leenders, N. Y., Sherman, W. M., Nagaraja, H. N., & Kien, C. L. (2001). Evaluation of methods to assess physical activity in free-living conditions. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(7), 1233-1240.

Li, R., Deurenberg, P., & Hautvast, J. G. (1993). A critical evaluation of heart rate monitoring to assess energy expenditure in individuals. *The American journal of clinical nutrition*, 58(5), 602-607.

Lin, L.I. (1989). A concordance correlation coefficient to evaluate reproducibility. *Biometrics*, 45(1): 255-68.

Lyden, K., Kozey, S., Staudenmeyer, J., & Freedson, P. (2010). A comprehensive evaluation of commonly used accelerometers energy expenditure and MET prediction equations. *Journal of applied physiology*, 111:187-201

Macfarlane, D. J. (2001). Automated metabolic gas analysis systems: a review. *Sports medicine*, 31(12), 841-861.

Masse, L. C., Fuemmeler, B. F., Anderson, C. B., Matthews, C. E., Trost, S. G., Catellier, D. J., et al. (2005). Accelerometer data reduction: a comparison of four reduction algorithms on select outcome variables. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(11 Suppl), S544-S554.

Matthew, C. E. (2005). Calibration of accelerometer output for adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(11 Suppl), S512-S522.

Mattocks, C., Leary, S., Ness, A., Deere, K., Saunders, J., Tilling, K., et al. (2007). Calibration of an accelerometer during free-living activities in children. *International journal of pediatric obesity : IJPO : an official journal of the International Association for the Study of Obesity*, 2(4), 218-226.

McClain, J. J., Sisson, S. B., & Tudor-Locke, C. (2007). Actigraph accelerometer interinstrument reliability during free-living in adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(9), 1509-1514.

McNeill, G., Cox, M. D., & Rivers, J. P. (1987). The Oxylog oxygen consumption meter: a portable device for measurement of energy expenditure. *The American journal of clinical nutrition*, 45(6), 1415-1419.

Melanson EL, Jr., Freedson PS. Validity of the computer science and applications, Inc.(CSA) activity monitor. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27(6):934-40.

Melanson, E. L., Knoll, J. R., Bell, M. L., Donahoo, W. T., Hill, J. O., Nysse, L. J., et al. (2004). Commercially available pedometers: considerations for accurate step counting. *Preventive medicine*, 39(2), 361-368.

Metcalf, B. S., Curnow, J. S., Evans, C., Voss, L. D., & Wilkin, T. J. (2002) Technical reliability of the CSA activity monitor. *Medicine and science in sports and exercise*, 34:1533-1537.

Montoye, H., Kemper H., Saris W., & Washburn R. (1996). Measuring Physical Activity and Energy Expenditure. *Human Kinetics*. Champaign, Illinois.

Nelson, M. E., Rejeski, W. J., Blair, S. N., Duncan, P. W., Judge, J. O., King, A. C., et al. (2007). Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(8), 1435-1445.

- Nilsson, A., Ekelund, U., Yngve, A., & Sjoström, M. (2002). Assessing physical activity among children with accelerometers using different time sampling intervals and placements. *Pediatric Exercise Science*, 14, 87-96.
- Pate, R. R., O'Neill, J. R., & Lobelo, F. (2008). The evolving definition of "sedentary". *Exercise and sport sciences reviews*, 36(4), 173-178.
- Pate, R. R., Pratt, M., Blair, S. N., Haskell, W. L., Macera, C. A., Bouchard, C., et al. (1995). Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA : the journal of the American Medical Association*, 273(5), 402-407.
- Prince, S. A., Adamo, K. B., Hamel, M. E., Hardt, J., Gorber, S. C., & Tremblay, M. (2008). A comparison of direct versus self-report measures for assessing physical activity in adults: a systematic review. *The international journal of behavioral nutrition and physical activity*, 5, 56.
- Puetz, T. W. (2006). Physical activity and feelings of energy and fatigue: epidemiological evidence. *Sports medicine*, 36(9), 767-780.
- Ridgers, N., & Fairclough, S. (2011). Assessing Physical Activity Using Accelerometry: Practical Issues for Researchers and Practitioners. *European Journal of Sports Science*, 11:3, 205-213.
- Rowlands, A. V. (2007). Accelerometer assessment of physical activity in children: an update. *Pediatric exercise science*, 19(3), 252-266.
- Sallis, J. F., & Saelens, B. E. (2000). Assessment of physical activity by self-report: status, limitations, and future direction. *Research quarterly for exercise and sport*, 71(2 Suppl), S1-14.
- Schneider, P. L., Crouter, S. E., Lukajic, O., & Bassett, D. R., Jr. (2003). Accuracy and reliability of 10 pedometers for measuring steps over a 400-m walk. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(10), 1779-1784.
- Schoeller, D. A., & Hnilicka, J. M. (1996). Reliability of the doubly labeled water method for the measurement of total daily energy expenditure in free-living subjects. *The Journal of nutrition*, 126(1), 348S-354S.
- Shephard, R. J. (2003). Limits to the measurement of habitual physical activity by questionnaires. *British journal of sports medicine*, 37(3), 197-206.
- Silva, A.M., et al. (2004). Calibration models to measure body composition in taller subjects using DXA. *International journal of body composition research*, 2(4): 165-173.
- Speakman, J. R. (1998). The history and theory of the doubly labeled water technique. *The American journal of clinical nutrition*, 68(4), 932S-938S.
- Spieler, D. K., Hagins, M., Rundle, A., & Pappas, E. (2010). A comparison of energy expenditure estimates from the Actiheart and Actical physical activity monitors during

low intensity activities, walking and jogging. *European journal of applied physiology*, 111:659-667.

Strath, S.J., et al. (2000). Evaluation of heart rate as a method for assessing moderate intensity physical activity. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(9 Suppl), S465-70.

Strath, S. J., Bassett, D. R., Jr., & Swartz, A. M. (2003). Comparison of MTI accelerometer cut-points for predicting time spent in physical activity. *International journal of sports medicine*, 24(4), 298-303.

Strath, S. J., Bassett, D. R., Jr., Swartz, A. M., & Thompson, D. L. (2001). Simultaneous heart rate-motion sensor technique to estimate energy expenditure. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(12), 2118-2123.

Sun, M., Reed, G. W., & Hill, J. O. (1994). Modification of a whole room indirect calorimeter for measurement of rapid changes in energy expenditure. *Journal of applied physiology*, 76(6), 2686-2691.

Swartz, A.M., et al. (2000). Estimation of energy expenditure using CSA accelerometers at hip and wrist sites. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(9 Suppl): S450-6.

Thompson, D., Batterham, A. M., Bock, S., Robson, C., & Stokes, K. (2006). Assessment of low-to-moderate intensity physical activity thermogenesis in young adults using synchronized heart rate and accelerometry with branched-equation modeling. *The Journal of nutrition*, 136(4), 1037-1042.

Troiano, R. P., Berrigan, D., Dodd, K. W., Masse, L. C., Tilert, T., & McDowell, M. (2008). Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(1), 181-188.

Trost, S. G., Ward, D. S., Moorehead, S. M., Watson, P. D., Riner, W., & Burke, J. R. (1998). Validity of the *Computer Science and Applications (CSA)* activity monitor in children. *Medicine and science in sports and exercise*, 30:629-633.

Trost, S. G. (2001). Objective measurement of physical activity in youth: current issues, future directions. *Exercise and sport sciences reviews*, 29(1), 32-36.

Trost, S. G., Loprinzi, P. D., Moore, R., & Pfeiffer, K. A. (2011). Comparison of accelerometer cut points for predicting activity intensity in youth. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(7), 1360-1368.

Trost, S. G., McIver, K. L., & Pate, R. R. (2005). Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(11 Suppl), S531-543.

Tudor-Locke C., & Bassett, D.R. (2004). How many steps/day are enough? Preliminary pedometer indices for public health. *Sports Medicine*, 34: 1-8.

Tudor-Locke, C., Sisson, S. B., Lee, S. M., Craig, C. L., Plotnikoff, R. C., & Bauman, A. (2006). Evaluation of quality of commercial pedometers. *Canadian journal of public health. Revue canadienne de sante publique*, 97 Suppl 1, S10-15, S10-16.

US Department of Health and Human Services (1996). *Physical Activity and Health: a report of the Surgeon General*. Atlanta, GA.

US Department of Health and Human Services (2008). *Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report*. Washington (DC).

Vanhees L, Lefevre J, Philippaerts R, Martens M, Huygens W, Troosters T, et al. (2005). How to assess physical activity? How to assess physical fitness? *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation*; 12:102–114.

Ward, D. S., Evenson, K.R., Vaughn, A., Rodgers, A. B., & Troiano, R. P. (2005). Accelerometer use in physical activity: Best practices and research recommendations. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(11 Suppl), S582-S588.

Warren, J. M., Ekelund, U., Besson, H., Mezzani, A., Geladas, N., & Vanhees, L. (2010). Assessment of physical activity - a review of methodologies with reference to epidemiological research: a report of the exercise physiology section of the European Association of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *European journal of cardiovascular prevention and rehabilitation : official journal of the European Society of Cardiology, Working Groups on Epidemiology & Prevention and Cardiac Rehabilitation and Exercise Physiology*, 17(2), 127-139.

Welk, G. J. (2002). Use of accelerometry-based activity monitors to assess physical activity. *Physical activity assessments in health-related research*, 125-141.

Welk, G. J. (2005). Principles of design and analyses for the calibration of accelerometry-based activity monitors. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(11 Suppl), S501-511.

Welk, G. J., Corbin, C. B., & Dale, D. (2000). Measurement issues in the assessment of physical activity in children. *Research quarterly for exercise and sport*, 71(2 Suppl), S59-73.

Welk, G. J., McClain, J., & Ainsworth, B. E. (2012). Protocols for evaluating equivalency of accelerometry-based activity monitors. *Medicine and science in sports and exercise*, 44 (1 Suppl), S39-49.

Welk, G. J., Schaben, J. A., & Morrow, J. R. (2004). Reliability of accelerometry-based activity monitors: a generalizability study. *Medicine and science in sports and exercise*, 36:1637-1645.

Wendel-Vos, G. C., Schuit, A. J., Saris, W. H., & Kromhout, D. (2003). Reproducibility and relative validity of the short questionnaire to assess health-enhancing physical activity. *Journal of clinical epidemiology*, 56(12), 1163-1169.

World Health Organization (2010). *Global recommendations on physical activity for health*. Geneva.

Yngve, A., et al. (2003). Effect of monitor placement and of activity setting on the MTI accelerometer output. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(2): 320-6.